

Tartu Ülikool

Humanitaarteaduste ja kunstide valdkond

Ajaloo ja arheoloogia instituut

Arheoloogia osakond

Kristi Ilves

**PADA MAA-ALUSE KALMISTU SAVINÕUDE KÕRBEKIHTIDE  
ISOTOOPANALÜÜSID**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: PhD, Ester Oras

Tartu 2020

# Sisukord

Sissejuhatus .....	3
1. Pada maa-alune kalmistu.....	6
1.1. Pada kompleks .....	8
1.2. Toitumise uurimisi keraamika kõrbekihi põhjal .....	9
2. Materjal .....	12
2.1. Savinõude tüübid Pada maa-alusel kalmistul.....	12
3. Meetod.....	15
3.1. Mis on isotoop.....	15
3.2. EA-IRMS põhimõte .....	17
3.3. Mida näitavad süsiniku ja lämmastiku isotoobid? .....	18
3.4. Proovide võtmine .....	19
4. Tulemused .....	21
5. Järeldused ja tõlgendus .....	25
5.1. Pada kalmistu tulemuste võrdlus teiste samaaegsete muististe materjaliga.....	30
Kokkuvõtte .....	36
Kasutatud materjalid .....	39
Summary .....	44
Lisad	

## Sissejuhatus

Pada maa-alune kalmistu asub Lääne-Virumaal Viru-Nigula vallas Pada külas ning seal toimusid Toomas Tamla juhatusel arheoloogilised kaevamised aastatel 1987.–1989. Tegemist on 12.–13. sajandil kasutusel olnud kalmistuga, mille leiumaterjal on rikkalik. Kalmistult avastati hauapanustena mitmeid savinõusid, millel esines toiduvalmistamise tulemusel moodustunud kõrbekiht. See andis võimaluse analüüsida nõude kõrbekihti ning selle kaudu saada teavet nõudes valmsitatud toidu kohta.

Oma töös uurisin Pada maa-aluselt kalmistult pärit savinõudel esinevat kõrbekihti EA-IRMS meetodi abil. Töö peamine uurimisprobleem on tuvastada, mida võimaldab muistse toitumise kohta öelda savinõudel esineva kõrbekihi EA-IRMS analüüs.

Uurimistöö eesmärkideks on:

1. Teada saada millise päritoluga Pada kalmistult leitud savinõudelt võetud kõrbekiht ehk nõudes valmistatud toit. Kas see on pärinenud maismaaloomast, vesikeskkonnast või taimedest?
2. Välja selgitada, kas meeste, naiste ja laste haudadest pärit kõrbekiht on erineva päritoluga?
3. Teada saada, kas kõrbekihi koostis erines vastavalt maetu vanusele?
4. Võrrelda Pada maa-aluse kalmistu ja sellega samast perioodist pärit muististe kõrbekihtide isotoopanalüüse ning teada saada, kas neis kohtades valmistati sarnast toitu?

Uurimistöö allikmaterjaliks on Pada maa-aluselt kalmistult pärit savinõud. Savinõusid hoiustatakse Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogudes peanumbri AI 5366 all. Lisaks on kalmistu materjali ka Eesti Ajaloomuuseumis (peanumber AM 1036). Töös kasutasin üksnes Tallinna Ülikooli kogudes terviklikult säilinud savinõusid ning kildudena säilinud ja Eesti Ajaloomuuseumi kogudes säilitatud nõud jäid materjali rohkuse tõttu tööst välja.

Peamiseks Pada kalmistu kohta ülevaadet andvaks materjaliks on kaevamisaruanded (Tamla, 2011a–c). Savinõude kohta ülevaate kirjutamiseks ja määramiseks kasutasin Andres Tvauri teost erinevatest Eesti hilisrauaajast pärinevatest savinõudest (2005).

Teoreetilise ja metoodilise tausta isotoopanalüüsi ja kõrbekihtide uurimise kohta loovad mitmed ilmunud artiklid ja publikatsioonid. Nendest enam toetun Carl Heroni ja Oliver E. Craigi (2015), Terry ja Keri Browni (2011), Pierre Cartigny ja Vincent Busigny (2018), ning Zeland Muccio ja Glen P. Jacksoni (2009) artiklitele ja väljaannetele.

Varasemalt on Pada maa-aluse kalmistu erinevat materjali uuritud mitmete inimeste poolt. Pada maa-aluse kalmistu savinõusid ning nende hulgas leiduvaid erinevaid tüüpe on käsitlenud A. Tvauri (2005). Pada kalmistu relvadega matuste kohta on kirjutanud bakalaureuse töö Roobert Rootslane (2013). Kolm artiklit kalmistult pärit hambaid puudutava materjali kohta on kirjutanud Jana Limbo-Simovart (2001; 2004; 2006), milles andnud ülevaate hambapatoloogiast ja hambamõõtude soolisest erinevusest. Üks artikkel (Heapost, 2002) on kirjutatud ka kalmistult pärit materjali osteomeetria ja rekonstrueeritud somatomeetria kohta. Kalmistult leitud luu ja sarvesemete kohta on koostanud artikli Heidi Luik ja Liina Maldre (2005). Pada kalmistult leitud rinnakeedest on kirjutanud artikli Tuuli Kurisoo (2014). Riina Rammo on Pada kalmistu materjali kasutanud oma peaseminaritöö (2005) kirjutamisel, mis käsitles pronksspiraalkaunistusi rõivastel. Keiti Randoja on kasutanud Pada kalmistu materjali kombineeritult Kukruse materjaliga nii oma bakalaureusetöö kui ka magistriritöö koostamisel (2012; 2016), millest esimeses käsitles ta laste sotsiaalset vanust matusekombestiku põhjal, ning teises kaasas ka täiskasvanute matused terviklikuma pildi saamiseks. Randoja bakalaureusetöö näitas, et sotsiaalsed vanuserühmad ja sugu avaldusid matuste kontekstis esemete kaudu – mida vanem laps, seda täiskasvanulikumaks muutus riietus ja hauapanused.

Käesolev töö on jagunenud viieks peatükiks, mis on omakorda jagunenud vastavalt vajadusele alapeatükkideks. Esimeses peatükis annan ülevaate Pada maa-alusest kalmistust, Pada muististekompleksist ja toitumise uurimisest kõrbekihtide põhjal. Teine peatükk käsitleb kalmistul esinevat keraamikat. Kolmandas peatükis tutvustan töös kasutatavat meetodit, annan ülevaate sellest, mida isotoopide abil on kõrbekihist võimalik teada saada, kirjeldan proovi võtmise ja analüüsi protsesse. Neljas peatükk esitab töö tulemusi. Töö viiendas peatükis kontekstualiseerin ja tõlgendan töö käigus saadud tulemusi ning võrdlen Pada kalmistu tulemusi teiste samast perioodist pärit muististe tulemustega.

Soovin tänada oma juhendajat Ester Orast, kes aitas jõuda töö teemani, toetas ja abistas töö valmimisega. Proovide pakkimise õpetamise ja EA-IRMS analüüside läbiviimise eest soovin tänada Holar Seppa.

## 1. Pada maa-alune kalmistu

Pada maa-alune kalmistu asub Lääne-Virumaal Viru-Nigula vallas Pada külas. Seal on toimunud arheoloogilised kaevamised kolmel aastal. Need toimusid 1987–1989. a suvedel ning neid juhatas arheoloog Toomas Tamla. Kalmistu avastati 1986. aastal, kui Pada I linnamäe väravakäigu rekonstrueerimistööde käigus avastati linnusest ida pool asuvalt värskest küntud põllult käevõru ning järgneva ülevaatusel leiti sealt veel mitmeid esemeid ning inimluid (Tamla, 2011a).

Kolme aasta peale kokku kaevati läbi umbes 888m<sup>2</sup> suurune ala, mille käigus leiti kokku 171 luustikku või nende jäänust (Tamla, 2011a–c). Kuna kalmistu asub põllul, olid mitmed kõrgemal asunud luustikud künni tõttu kahjustatud. Peale selle oli mitmeid matuseid, mis olid hilisema sissekaevuga lõhutud. Seda näitasid vaskoksiidi mõjul roheliseks värvunud luud, mille juures panused siiski puudusid. Sissekaeveid tehes oli peaaegu alati lõhutud luustiku rindkere, sõltumata matuse suunast. (Tamla, 1990, 34)

Pada maa-aluselt kalmistult 1987. ja 1988. aastal leitud esemete peanumbriks on AI 5366 ja 1989. aastal AM 1036. Esimese kahe aasta käigus välja kaevatud esemeid säilitatakse Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogus ning kaevamiste viimase aasta leide säilitatakse Eesti Ajaloomuuseumis. Nii 1987. kui ka 1988. aastal välja kaevatud luustikel on määratud nii sugu kui ka vanus. Seda pole tehtud 1989. aastal leitud luustikele. Kuna kõrbekihte sai kogutud Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogus asumatelt tervelt savinõudelt, siis selles töös ma ei käsitlen 1989. aasta kaevamistel avastatud savinõusid.

Kalmistul oli maetud eri vanuses nii mehi, naisi kui ka lapsi. Kalmistu oli kasutusel 12. sajandi teisest poolest kuni 13. sajandi keskpaigani. Avastati ka mõned paaris- ja mitmikmatused. Hauapanused olid rikkalikud, alustades erinevat tüüpi savinõudest ning lõpetades erinevate ehete, relvade ning tööriistadega. Osakaalult oli maetud nii naisi kui ka mehi võrdselt ning palju oli ka laste matuseid.

Maetute soo ja vanuse määras Leiu Heapost (Tamla, 2011 a–b). Pada kalmistu indiviidide sugu ja vanust on määranud ka Jana Limbo-Simovart (2005). Oma töös kasutan Leiu Heaposti soo- ja vanusemääranguid. Esimesel aastal kaevati välja 52 luustiku. Nendest

23 kuulusid meestele, 13 naistele ning 16 luustiku lastele. 1988. aasal kaevati kolme aasta lõikes välja kõige rohkem luustike, ehk 85 luustiku. Sel aastal välja kaevatud luustikest oli mehi 24, naisi 20 ning lapsi 37 (4 luustiku sugu määramata). Kaevamiste viimasel aastal kaevati välja kõige vähem ehk 34 luustiku. Esimese kahe aasta statistikat vaadata, siis peaaegu pooled maetutest olid lapsed.

Vanus	Arv	Vanus	Arv
imik	1	11a±30kuud	3
2a±8kuud	1	12a±3kuud	1
2-3a	1	12a±30kuud	3
3a±12kuud	2	15a±30kuud	1
3-4a	1	15a±36kuud	1
4a±12kuud	2	alla 17a	1
alla 4a	1	15-18a	1
alla 5a	1	18-20a	2
5a±16kuud	6	20-25a	7
6a±24 kuud	3	25-30a	11
umbes 7a	1	30-35a	22
7a±24kuud	5	35-40a	8
8a±24kuud	4	40-45a	3
9a±3kuud	1	45-50a	6
9a±24kuud	4	50-55a	4
umbes 10a	1	50-60a	1
10a±30kuud	3	55-60a	1
umbes 11a	1	määramata	19

Tabel 1. 1987.–1988. aastal välja kaevatud Pada maa-alusel kalmistul maetud indiviidide vanus surmahetkel.

Tabelis 1. on välja toodud indiviidide vanus surmahetkel. 19 luustikul pole vanust määratud. Laste suremus erinevates vanustes varieerub. Kuigi luustike hulgas on ka üks imik, on laste hulgas suremus olnud suurem vanuses 5a±30 kuud ja 12a±30 kuud vahemikus. K. Randoja (2012) on väga väikse imikute ja teiste alla 7-aastastaste laste matuste hulga kõige tõenäolisemaks tõlgenduseks toonud seda, et kogukonnal oli kultuuriline tava matta sellises vanuses lapsed mujale, kuna neid ei pruugitud näha veel „päris“ inimestena, mille pärast koheldi neid ka teistmoodi. 1987.–1988. aasta kaevamiste

materjali põhjal on täiskasvanute hulgas kõige kõrgem suremus vanusegrupis 30–35 aastat, selles vanusevahemikus oli maetud 21 luustiku.

Hauapanuseid esines nii meeste, naiste kui ka laste matustes. Leiti erinevat tüüpi relvasid. Väga paljudes matustes oli kaasa pandud nuga, kas siis niisama või koos noatupega. Panuste hulgas oli mitmeid odaotsi ning mõned kirved. Ühest matusest tuli välja mõõgateramik ning teisest sõjanuia nupp. Hauapanustena oli kaasa pandud ka tarbeesemeid. Mitmes hauas oli panuseks tuleraud või tuluskivi. Erinevatest tarbeesemetest oli panusteks näiteks ka luisk, vikat, käärid ja naelad. (Tamla, 2011a–b)

Haudades leiti ka hulgaliselt ehteid. Nende hulgas olid hoburaudsõled, rõngad erinevad käe ja jalavõrudest, pandlad, sõrmused, helmed, rinnalehed ning ketid. Leiti mitmesuguseid ripatseid, näiteks tinaripatseid, luust või kihvast valmistatud ripatseid, kuljuseid, ristripatseid ning ripatsmünt. (Tamla, 2011a–b)

Mitmes hauas leidis panustena münte, millest osasid saab ka matuse ligikaudseks dateerimiseks kasutada. Kahe matuse (XIV ja XXII) juurest leiti Tallinnas aastail 1219/20 Taani kuninga Valdemar II ajal vermitud münte. Need mündid olid käibel lühikest aega, mille põhjal saab arvata, et need matused toimusid õige varsti peale neid daatumeid. Ka umbes samasse aega võib jääda matus (XVI), mille juurest leiti aastate 1220–1230 vahemikus Ojamaal vermitud münt. Teisel aastal välja kaevatud matusest (LXXXIV) leiti ripatsmünt, mille näol oli tegemist 1216.–1225. aasta vahemikul Kölnis vermitud mündiga. Peale nende 13. sajandi I poolel vermitud müntide leiti ka mõned varasemad mündid, mis olid ripatsitena kasutuses, kuid neid ei saa matuste dateerimiseks kasutada. (Tamla, 2011a–b)

### **1.1.Pada kompleks**

Peale maa-aluse kalmistu asub Padaorus ja selle ümbruses veel mitmeid teisi muistiseid (Tamla, 2008, 226–228), muuhulgas kaks linnamäge ja asulakoht. Pada I linnus asub Pada jõe idakaldal ja tegemist on neemiklinnusega. Arheoloogilised kaevamised toimusid seal 1978.–1979. ja 1983.–1985. aastal Toomas Tamla juhatamisel, mil uuriti läbi linnuse



kagupoolne vall ning väravakoht linnuse kirdenurgas. Linnuse kultuurkihis saab eristada kahte eriaegset ladestust. Alumine kiht sisaldas peamiselt 7.–11. sajandil valmistatud keraamikat ning kuna see kiht on ka kirdenurga väravakäigu all, siis võib arvata, et see ala kuulus asula hulka. Teine eristatav kiht pärineb arvatavasti linnuse väljaehitamisega II aastatuhande algusest.

Pada II linnamägi asub I linnamäest 300 m kagu suunas, orus asuva järve idakaldal. Linnuseõu hõlmab u 7500 m<sup>2</sup> ala ja suurem osa sellest on kasutusel põlluna. Seal toimusid arheoloogilised kaevamised aastatel 1977.–1979. samuti T. Tamla juhatamisel. Linnuse vanimad kasutusjäljed pärinevad 1. aastatuhandest eKr. Linnusest võetud söeproovide radiosüsinikdateeringute järgi on linnus rajatud 6. või 7. sajandil ja maha jäetud kas 10. sajandi lõpul või 11. sajandi esimesel poolel. (Tamla, 2008, 228–229)

Teisest linnusest asub ida ning kirde pool 4–5 ha suurune sellega samaaegne asulakoht, mis hõlmab Pada I linnust ja ulatub sellest põhja poole. Ka sealseid arheoloogilisi kaevamisi juhatas T. Tamla ning need toimusid seal aastatel 1977. ja 1979.–1982. Sealne kultuurkiht ning ehitiste jäänused viitavad sellele, et asula hävines tulekahjus, mis tõi endaga kaasa ka Pada II linnuse mahajätmise. (Tamla, 1985, 31)

Peale kahe linnuse ning asulakoha on nende lähiümbruses registreeritud ka 34 lohukivi. Orust paar kilomeetrit ida poole jääb 2.–6. sajandi tarandkalme, mida 1928.–1929. aastal uuris Marta Schmiedehelmi (1928; 1929) poolt. Kaugele ei jää ka 2 kivikalmet ning lõhutud kivikalme põhi (Tamla, 2008, 229).

## **1.2. Toitumise uurimisi keraamika kõrbekihi põhjal**

Toitumise uurimine on üheks viisiks mineviku kohta rohkem teada saada. Selle uurimiseks on mitmeid erinevaid viise, kas siis savinõul esineva kõrbekihi või luudes ning hammastes erineva kollageeni abil. Oma töös uurin ma toitumist savinõudel esineva kõrbekihi abil EA-IRMS analüüsi kasutades, täpsemalt määrates kõrbekihtide  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuse ning nende kahe elemendi protsentuaalse suhtarvu ehk C/N suhte (vt täpsemalt

peatükk 2). Selles töö osas annan ülevaate nii Eestis kui ka mujal maailmas varasemalt tehtud toitumise uurimisest savinõude kõrbekihtide abil. Eestis on uuritud kõrbekihtide isotoopanalüüside abil erinevatest muististest ning ajaperioodidest pärit materjali.

Hilisest mesoliitikumist pärit Narva tüüpi keraamika, ehk Eestis leiduva vanima keraamikatüübi, kohta on uuritud savinõude kõrbekihti ning tehtud ka põhjalikumaid lipiidianalüüse (Oras *et al.* 2017), millest saadud informatsiooni kombineerimisel saab parema ülevaate toitumisest. Selgus, et kõrbekihid on tekkinud veekeskkonna organismidest toidu valmistamisel ning tegemist võis olla nii kala kui ka mereimetajatega. Üks kõrbekiht erines teistest oma madala  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuse ning kõrge C/N suhtarvu poolest, mis on rohkem omasem maismaa taimele.

Samast perioodist Pada kalmistuga on pärit Kukruse maahaud kalmistu. Sealt pärit materjali kohta tehti ka mitmeid analüüse, seda nii keraamikale kui ka luudele (Oras *et al.* 2018). Keraamikal asuva kõrbekihi EA-IRMS analüüside tulemused kinnitasid teiste analüüside tulemusi. Kõrbekihist ei saadud kindlalt eristada taimset toitu. Enamasti oli tegemist vesikeskkonnast või maismaalt pärit loomadega. Osad C/N suhtarvud (vt allpool selgitust) on kõrgemad kui loomse päritoluga toidul tavaliselt omaks, kuid samas olid need liiga madalad, et tegemist oleks taimega.

Sama meetodi ehk EA-IRMS abil on võimalik toitumist uurida ka luudest eraldatud kollageeni abil. Mari Tõrv kasutas oma doktoritöös (2016) ühe meetodina isotoopanalüüse, uurides selle abil kiviaegsetest muististest pärit luid, mille põhjal selgus et tegemist oli enamasti sisemaa kalastajate ja ranniku küttidega. Eestis on kasutatud seda meetodit veel näiteks keskaegse Põhja-Eesti toitumise uurimisel (Agurauja–Lätti & Lõugas, 2019) Kaberla ja Püha Barbara kalmistult pärit materjali uurides. Uuritud on ka keskaegses Tallinnas elanud inimeste toitumist (Lightfoot *et al.* 2016) ja seda tehtud erinvatelt kalmistutel pärit materjali abiga. Avaldatud on ka artikkel (Malve & Agurauja, 2014) uusaegselt Tartu Maarja kiriku kalmistult leitud kolmikmatuse ja neile tehtud isotoopanalüüsides, mis lubas oletada nende toidulaud ei erinenud palju samaaegsetest Tartu ümbrusest pärit külakalmistutelt võetud proovidest.

Maailmas on antud meetodi abil toitumist uuritud erinevate teadlaste poolt paljudes piirkondades ja seda on tehtud ka erinevate ajaperioodide kohta. Näiteks on uuritud

materjali Põhja-Ameerika keraamikavalmistamise algusest (Taché & Craig, 2015) ning näidatud, et antud piirkonnas levis keraamika, kuna vesikeskkonnast pärit saadusi (suur osa tulemusi viitas vesikeskkonnast päritolule) oli vaja kuskil hoiustada. Põhjalikumalt on vaadatud tuhandete aastate vanust Jaapani Jomon keraamikat, kus võrdluseks tehti eksperimente erinevate toiduainetega enne ja pärast kuumutamist, et näha, millised on mõjud keraamikale (Yoshida *et al.* 2013). Jaapani Jomon keraamikale tehtud analüüse käsitleti ka artiklis (Craig *et al.* 2013), kus toodi välja, et peamiseks ressursiks neis esinenud kõrbekihtides oli pärit vesikeskkonnast.

Üks hiljutine artikkel (Robson *et al.* 2019), mis kombineerib erinevaid orgaanilise toidujääkide analüüsimeetodeid, käsitleb neoliitikumilt varasesse pronksiaega üleminekult 10 erineva Leedu muistiselt võetud analüüse. Selle tulemusel saadi teada, et nõusid kasutati erineva otstarbega ja need sisaldasid erinevaid toiduaineid. Sarnased varasemad uuringud Põhja-Euroopa neoliitilisest keraamikast (Craig *et al.* 2007) näitasid, et kõrbekiht on peamiselt vesikeskkonnast pärit. Lisaks on täheldatud, et põllumajanduse levikuga ei toimunud järsku muutust ning vesikeskkonnast pärit ressursid ei kadunud (Craig *et al.* 2011).

Hart jt. poolt avaldatud artikkel (2013) käsitleb erineva päritolu ressursside isotoopväärtuseid ja seda, mis neid väärtuseid mõjutada võivad. Üheks välja toodud asjaks on see, et taimede  $\delta^{15}\text{N}$  väärtus võib olla kõrgem tänu suurema lämmastiku sisaldusele mullas ja see võib olla tingitud väetamisest.

## 2. Materjal

Proovid võeti Pada kalmistult avastatud pottidelt, mis asuvad Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogudes. Terveid potte Pada kalmistult on arheoloogia teaduskogus 22 tükki, neist 13 on säilinud piisaval hulgal kõrbekihti. Oma tööks võtsin kokku proove 13 erinevalt potilt, kokku 16 proovi. Kolmelt juhul oli võimalik võtta kaks proovi: üks poti välisküljelt ning teine siseküljelt. Poti välisküljelt oli võimalik kõrbekihti koguda kolmelt potilt (AI 5366: XII; XIV; XLVI). Ülejäänud 10 potilt kogusin kõrbekihi ainult nõu siseküljelt. Potid, millest kõrbekiht analüüsimiseks koguti on pärit järgmisest matustest: VI, XII, XIV, XV, XIX, XXVII, XLVI, XLI, LVIII, LXXVIII\*, CIII, CIX, CXVIII\*. (\* tähendab, et aruandes ei ole selle matuse juures potti kirjas, vt ka Lisa Tabel 1.)

### 2.1. Savinõude tüübid Pada maa-alusel kalmistul

Pada maa-aluse kalmistu leiumaterjali hulgas on erinevat tüüpi keraamikat. Seal esineb nii kedrakeraamikat kui ka käsitsi valmistatud keraamikat. Esindatud on mitu erinevat keraamikaliiki. Pada maa-aluselt kalmistult võib leida näiteks loodevenepärast kedrakeraamikat, loodevenepäraseid lihtkeraamilisi potte ja käsitsi valmistatud keraamilisi nõusid.

Üheks savinõude tüübiks, mis Pada kalmistult leidub on loodevenepärane lihtkedrakeraamika alarühm 3:2. Üks selline pott on näiteks XLI (Joonis 1: D) ja minu töös kasutatud savinõudest on sellist tüüpi veel pott CXVIII. Loodevenepärase lihtkedrakeraamika alarühma 3:2 kuuluvad omavahel väga ühesugused savinõud. Selle alarühma potte kaunistab pulgaga veetud sügavad jooned õla ülaosas, aga leidub ka ilma kaunistusteta nõusid (Tvauri, 2005: 48). Sellesse alarühma kuuluvates pottide ülaossa on ka vahel puuritud auk. Selliseid auke esineb ka potil XLI kaelaosas. Kuna enamasti on need augud puuritud nõu ülaossa, kas siis kaela- või õlaossa, siis on selle järgi oletatud, et nendesse aukudesse kinnitatud nõöri abil sai kuuma nõu pärast hautamist leasemelt eemaldada. (Tvauri, 2005: 65–66)

Teiseks keraamika tüübiks, mida esineb Pada kalmistul erinevate pottide näitel on loodevenepärase lihtkeraamiliste pottide linttehnika jälgendused. Neid nõusid saab algupärasest kedrakeraamikast eristada ebakorrapärasema kuju tõttu ning ka tavalisest nõrgemini profileeritud külje ja võriku järgi. Võrik on tavapärase kedrakeraamika omast püstjam. Kedrakeraamikast erinevad jäljendid ka oma pinnatöötuse poolest. Neil esineb vertikaalseid ja diagonaalseid silumisjälgi ning jäljendatud pottide põhi on tihti üle silutud, mida kedrakeraamilistel potidel tehtud ei ole. Kui kedrakeraamilisi nõusid kaunistab ülaossa veetud jooned, siis jäljendatud pottidel dekoor enamasti puudub (esineb mõnel üksikul). Pada kalmistult leitud jäljendatud loodevenepärase linttehnika valmistatud nõud on oma savimassi, põletusviisi, pinnaviimistluse ja nõrga põletuse juures nii sarnased, et neid võib pidada ühe meistri tööks. (Tvauri, 2005, 68–70) Sellist tüüpi nõud, millel esines kõrbekihti olid näiteks CIII ja VI (Joonis 1: C ja B).

Pada kalmistul esineb ka selliseid käsitsi valmistatud keraamilisi nõusid, mille tüüp on ebamäärane. Tvauri (2005, 72–74) on selliseid potte liigitanud kui püstise ja väljapoole keeratud võrikuga potid. Need erinevad slaavipärasest kedrakeraamikast selle poolest, et nende suurim läbimõõt paikneb enamasti nõu keskel, mitte selle ülaosas. Sellistest pottidest esines kõrbekihti näiteks matusest XLVI pärit potil (Joonis 1: A).



Joonis 1. Pada maa-aluse kalmistult pärit savinõud. A – XLVI; B – VI; C – CIII; D – XLI.

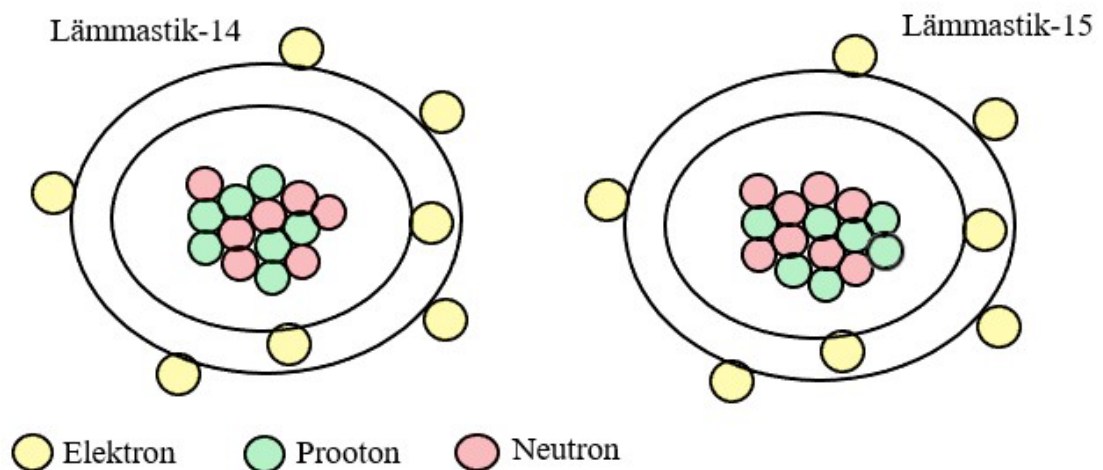
### 3. Meetod

Antud töö osas kirjutan lahti töö jaoks kasutatud meetodi ja selle, kuidas on selle abil võimalik savinõudelt kogutud kõrbekihi kohta informatsiooni saada. Kõigepealt selgitan, mis on isotoobid. Järgmisena annan ülevaate isotoopide massispektromeetriast ja selle tööpõhimõttest. Peale selle toon välja informatsiooni, mida erinevad süsiniku ja lämmastiku isotoopväärtused ning nende elementide protsentuaalsed suhtarvud näitavad kunagise toitumise kohta. Selle peatüki viimases osas kirjeldan oma töö käigus tehtud proovide võtmise ja analüüsi ettevalmistuse protsessi.

#### 3.1. Mis on isotoop

Isotoop on ühe ja sama keemilise elemendi teisendid, mis erinevad tuumas asuvate neutronite arvu poolest. Suuremal osal perioodilisuse tabeli elementidel on vähemalt kaks või rohkem looduslikult esinevat isotoopi (Sharp, 2017: 7).

Ühe elemendi kaks isotoopi erinevad üksteisest massiarvu tõttu. Massiarvu moodustab elemendi tuumas asuvate positiivse laenguga prootonite ning neutraalsete neutronite summa. Neutronid on küll laenguta, kuid nad omavad massilist väärtust. Isotoobid erinevadki üksteisest neutronite hulga poolest. Kui võtta näiteks kahe erineva lämmastiku isotoobid,  $^{14}\text{N}$  ja  $^{15}\text{N}$ , siis on neil kahel isotoobil võrdne elektronide arv (7 elektroni), prootonite arv (7 prootonit), kuid nende kahe isotoobi erinevuseks on erinev neutronite arv.  $^{14}\text{N}$  tuumas on 7 neutronit ning  $^{15}\text{N}$  tuumas on üks neutron rohkem, ehk 8 neutronit (Joonis 2.). Massiarv annab ka isotoopidele nimetused, näiteks  $^{14}\text{N}$  massiarvu annavad kokku 7 neutronit ja 7 prootonit.



Joonis 2. Lämmastiku kaks isotoopi:  $^{14}\text{N}$  ja  $^{15}\text{N}$ .

Kuigi kõigil sama elemendi isotoopidel on identsed keemilised omadused, siis mõjutab nende mass seda, kuidas need elemendid reageerivad erinevate füüsiliste ja keemilise protsessidele. Need erinevad reageeringud võivad viia isotoopide fraktsioneerumiseni ja erinevate isotoopide proportsioonideni organismis. Isotoopide fraktsioneerumise tulemusel on nende elementide osakaal organismis erinev (Brown & Brown, 2011: 81).

Enamusel keemilistel elementidel on loomulikult looduses leiduvaid isotoobid. Kõige rohkem on neid näiteks tinal (10) ja ksenoonil (9). Lämmastikul on isotoope näiteks kaks,  $^{14}\text{N}$  ja  $^{15}\text{N}$ , süsinikul on looduslikult esinevaid isotoope kolm,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  ja  $^{14}\text{C}$ , millest esimesed kaks on stabiilsed ja viimane on mittestabiilne. Stabiilsed isotoobid eksisteerivad looduses koos, kuid ebavõrdsetes mahtudes. Tavaliselt leidub kergema massiga isotoopi rohkem ning ülejäänuid leidub väikestes kogustes. Näiteks esineb looduses  $^{14}\text{N}$  99,64% ja  $^{15}\text{N}$  ainult 0,36% (Brown & Brown, 2011: 80).

Arheoloogilistes uurimustes on kasutusel erinevad isotoobid. Üheks väga palju kasutatud mittestabiilseks isotoobiks on  $^{14}\text{C}$  ehk radiosüsinik, mida kasutatakse dateerimisel. Stabiilsetest isotoopidest kasutatakse arheoloogias kõige rohkem näiteks  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  ja  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  isotoope, mille abil uuritakse muuhulgas toitumist. Lisaks uuritakse veel näiteks strontsiumi ja hapniku isotoope. Strontsiumi isotoope kasutatakse peamiselt inimeste migratsiooni uurimisel. Samuti kasutatakse hapniku isotoope inimeste migratsiooni



uurimisel. Oma töös kasutan ma lämmastiku ja süsiniku, täpsemalt  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  isotoopväärtusi toidujääkide (kõrbekihtide) uurimiseks.

### 3.2.EA-IRMS põhimõte

Analüüside tegemiseks kasutati EA-IRMS (*Isotope Ratio Mass Spectrometry*) masinat ehk siis element analüsaator isotoopsuhte massispektromeetrit. Isotoop massispektromeetreid on erinevaid, kuid oma töös kasutasin EA-IRMS masinat. EA-IRMS annab infot konkreetse huvialuse keemilise elemendi keskmise isotoopväärtuse ja protsentuaalse mahu mõõdetavas proovis (Muccio & Jackson, 2009: 214).

Masina tööpõhimõte on järgmine. EA-IRMS puhul sisestatakse proovid masinasse ükshaaval. Proov põletatakse kõrgel kuumusel hapniku voolu all erinevateks gaasideks. Edasi liigub proov heeliumi gaasi voolu all vähenduskambrisse, kus lämmastikuoksiidid teisendatakse  $\text{N}_2$ -ks ja liigne hapnik eemaldatakse. Järgmisena kantakse analüüt läbi keemilise lõksu, kus eemaldatakse põlemisel tekkinud vesi ja sealt liigub proov edasi gaasikromatograafi, kus eraldatakse  $\text{CO}_2$  ja  $\text{N}_2$ . Just neis eraldatud gaasides mõõdetaksegi konkreetse proovi vastavate elementide isotoopväärtuseid kasutades võrdlusgaase. Kõige usaldusväärsemad tulemused saab siis, kui võrdlusgaasi (standardaine) ja proovi signaali intensiivsus on sarnase magnituudiga ja neid analüüsitakse võimalikult samaaegselt. Iga näidisgaasi vool on reguleeritud spetsiaalse süsteemi abil, mis lülitub kiirelt proovi ja võrdlusgaasi vahel. (Muccio & Jackson, 2009: 215). Lisaks on võimalik EA-IRMSiga määrata elementide protsentuaalsed massid konkreetsetes proovis. Edasi saadab masin tulemused arvutisse, kust teisendatakse need programmi Microsoft Excelisse, kus tehakse andmetele kontrollimine, kalibreerimine ning edaspidised arvutused.

Erinevate isotoopide massi arvutatakse alati välja kindlate rahvusvaheliselt tunnustatud standardite järgi, mis on analüüsitavale proovile võrdlusmaterjaliks. Neid kasutatakse selleks, et vältida vigu ja erinevaid kõrvalekaldeid.  $\delta^{13}\text{C}$  välja selgitamiseks kasutatakse VPDB standardit (*Vienna Pee Dee Belemnite*), mille näol on tegemist merelise päritolu lubjakiviga.  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuse saamiseks kasutatakse nn atmosfääri lämmastikku ( $\text{Air-N}_2$ ). (Muccio & Jackson, 2009: 213–214). Delta väärtuste arvutamiseks on valem, mis aitab standardite abil proovi väärtused välja selgitada.

$\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuste leidmiseks kasutatakse järgnevat valemit (McKinney *et al.* 1950) ( $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ ;  ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$ ):

$$\delta = [(R \text{ proov}) / (R \text{ standard}) - 1] \times 1000\text{‰}$$

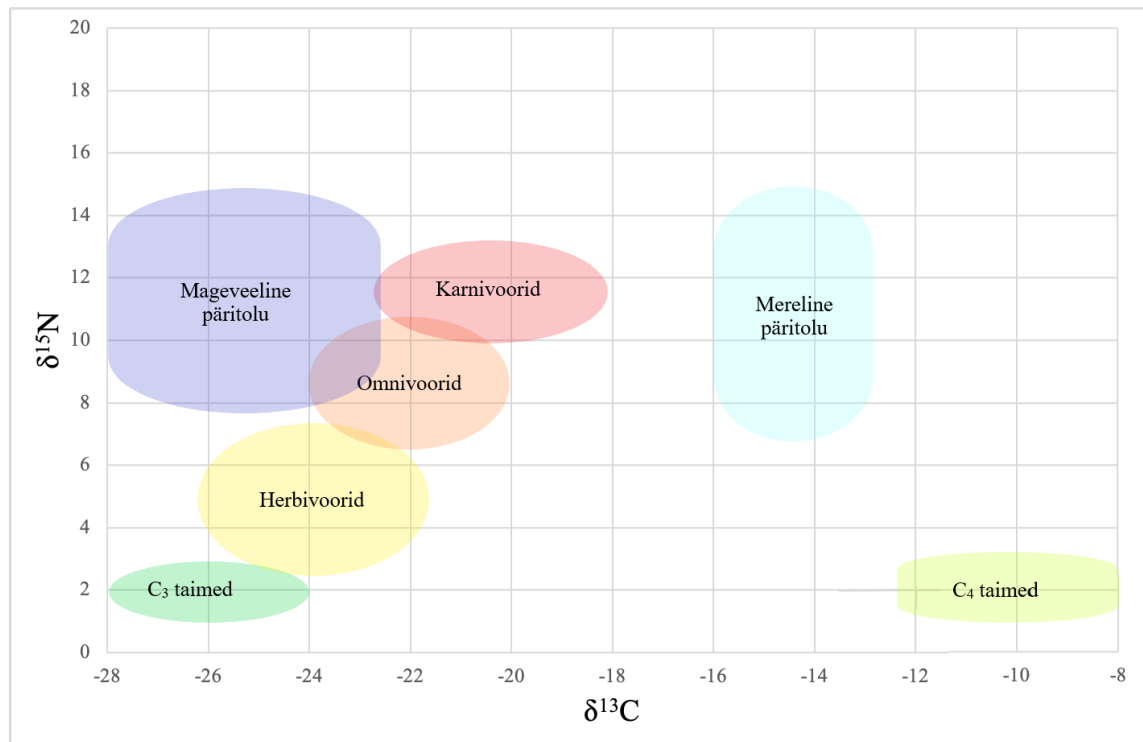
### 3.3. Mida näitavad süsiniku ja lämmastiku isotoobid?

Süsiniku ja lämmastiku isotoopsuhteid ja protsentuaalset massisuhet on isotoop mass-spektromeetria abil kasutatud savinõude kõrbekihtide uurimisel mitmel viisil.

Süsiniku isotoopväärtused võimaldavad vahet teha C3 ja C4 taimedel. C3 ja C4 taimedel on erinev fotosünteesi protsess ja CO<sub>2</sub> kasutamine selle käigus ning seetõttu on vastavatel taimedel ka erinevad süsiniku isotoopväärtused. C3 alla kuuluvad enamik taimi, mis kasvavad tavaliselt parasvöötmes Euroopas, Aasias ja Põhja-Ameerikas, sealhulgas ka meil levinud teraviljad ja kaunviljad. C4 taimede peamiseks levikualaks on kõrbed ja troopika ja peamised C4 taimed on näiteks mais ning hirss. C3 taimedel on süsiniku väärtus madalam, jäädes umbes -28–(-24) vahemikku, mida on näha ka Joonisel 3. C4 taimedel on süsiniku isotoopväärtused kõrgemad, -12,5 või olla isegi positiivne.

Teiseks viitavad süsiniku isotoobid, kas tegemist on merelise-, maismaa- või mageveelise päritolu ressursidega. Peale kõrge lämmastiku väärtusele on ka merelise päritolu toitudel ka kõrgem  $\delta^{13}\text{C}$  väärtus võrreldes maismaalt pärit toiduga. Samas annab mageveeline päritolu merelisega võrreldes just madalama  $\delta^{13}\text{C}$  väärtuse. (Heron & Craig, 2015: 709)

Lämmastiku isotoop väärtused varieeruvad troofilisel tasemel astmelise troofilise nihkega +2–6‰ taimedelt herbivooridele ning herbivooridelt karnivooridele. Kõrgemad  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused viitavad tavaliselt pikematele toiduahelatele nii merelises kui ka mageveelises keskkonnas, ka maismaal (nt herbivoorid vs karnivoorid) (Heron & Craig, 2015: 709). Enamasti jääb taimede lämmastiku väärtus 1-3‰ vahele, kuid väetamise tulemusel võib see ka suurem olla. Madal  $\delta^{15}\text{N}$  väärtus võib näidata seda, et tegu on suurema tõenäosusega taimse päritoluga mitte merelise või loomse päritoluga (Cartigny & Busigny, 2018: 10).



Joonis 3.  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  hinnangulised väärtused erinevates toiduks kasutatavates organismides. Joonise koostamisel kasutatud T. ja K. Brown (2011) andmeid.

C/N suhe ehk süsiniku ja lämmastiku suhte järgi on võimalik uurida, kas antud materjal on karbohüdraatide või proteiinirikas. Taimedes on suurem hulk karbohüdraate, mis väljendub süsiniku suuremas osakaalus. Suurem lämmastiku väärtus näitab proteiinirikkust. See tähendab seda, et kui C/N suhe on kõrgem on tegemist taimse materjaliga, kuna karbohüdraate on rohkem kui proteiine, ja madal väärtus näitab proteiinide (N) rohkust võrreldes süsivesikutega (C).

### 3.4.Proovide võtmine

Töö jaoks kasutatavad proovid valisin välja matustes leitud terviklike pottide hulgast. Proovide võtmiseks tuli välja otsida potid, millel oli kõrbekihti säilinud. Kõrbekiht tuli potilt eemaldada skalpelliga ning see pakendada fooliumisse. Selleks, et vältida proovide saastumist tuli kasutada kummikindaid ning pärast iga proovi võtmist skalpell puhastada piiritusega. Kogusin 16 proovi 13 erinevalt potilt, enamasti poti siseküljelt, kuid kolme poti puhul nii sise- kui välisküljelt. Viimane annab võimaluse võrrelda neid kahte erinevat

kõrbekihti samalt potilt. Kogu see protsess toimus Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogus, kus säilitakse Pada maa-aluselt kalmistult pärit leide.

Proovide analüüsiks ettevalmistamisel tuli proovid uhmriga homogeenseks massiks uhmerdada, et saavutada proovitulemuste parem representatiivsus. See toimus Tartu Ülikooli ajaloo- ja arheoloogia instituudi arheoloogia laboris.

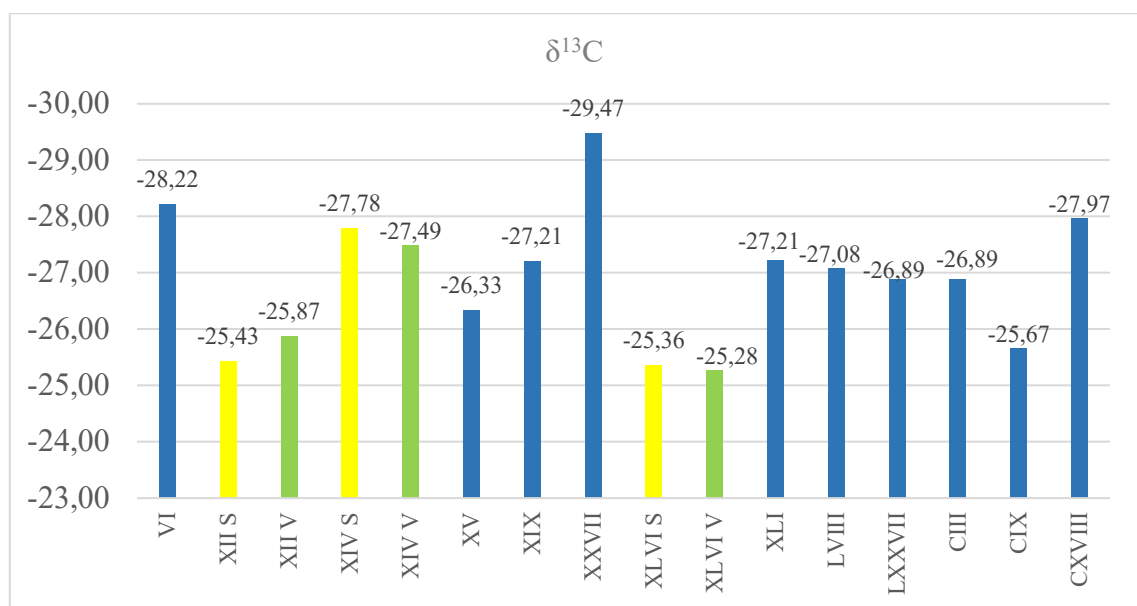
Järgmiseks sammuks oli proovide pakkimine. Selle jaoks, et pulbrilisi proove analüüsida tuli need pakkida väikestesse tinakapslitesse. Proovide kaal pidi jääma 1mg ( $\pm 0.1$ ) ning kõiki proove tuli mõõta duplikaatidena: ühest ja samast kõrbekihiproovist teha kaks alaproovi ehk mõõtmist. See on vajalik, kuna annab võimaluse võrrelda ja kontrollida proovi tulemusi ning aru saada, kas saadud tulemused on usaldusväärsed ja korratavad. Proovi pakendamisel tuli olla hoolas, et tinakapsel ei puruneks ning selle voltimisel sinna sisse õhku ei jääks. Õhku ei või kapslisse jääda, kuna see mõjutab mõõtmistulemusi gaasifaasis ja elementide mahuprotsendi määramist. Pärast iga proovi pakkimist tuli töövahendid piiritusega puhastada, et vältida reostust. EA-IRMS analüüsid viidi läbi Tartu Ülikooli geoloogia instituudi laboris 2019. aasta oktoobris ning need viis läbi spetsialist Holar Sepp.

Pärast tulemuste kätte saamist tuli teha andmeanalüüsi Microsoft Excelis. Selleks tuli võrrelda duplikaatide tulemusi ja teha vastavad arvutused, mis aitasid teada saada kas mõõtmistulemused on korrektsed ja usaldusväärsed. Selleks kasutasin Microsoft Exceli statistilisi meetodeid leidmaks aritmeetilise keskmise (*avarage*) ja kahe proovitulemuse omavahelise standardhälve (STDEV- *standard deviation*), mis näitab kahe tulemuse vahet. Samuti tuli välja arvutada süsiniku ja lämmastiku näitajate omavaheline suhe ehk C/N suhtarv ning ka kahe sama materjali tulemuse kohta C/N suhte aritmeetiline keskmine ja standardhälve. C/N suhte arvutamiseks kasutasin järgnevat valemit  $C/N = (C\% \div N\%) \times (14 \div 12)$  ehk omavahel tuli jagada süsiniku ja lämmastiku massiprotsendid ning saadud jagatise pidi omakorda korrutama  $^{14}\text{N}$  ja  $^{12}\text{C}$  massiarvude jagatisega, sest tegemist on erineva aatommassiga elementidega. Järgmiseks sammuks tulemustega on nende kohta järelduste tegemine ja nende analüüsimine.

## 4. Tulemused

Proovide mõõtmistulemused on esitatud Lisa tabelis 2. Proovide lämmastiku ja süsiniku väärtuste tulemused on eraldi välja toodud joonistel 4. ja 5. Joonis 6. annab ülevaate  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  omavahelisest suhtest ning joonis 7. käsitleb  $\delta^{15}\text{N}$  ja C/N suhte tulemusi.

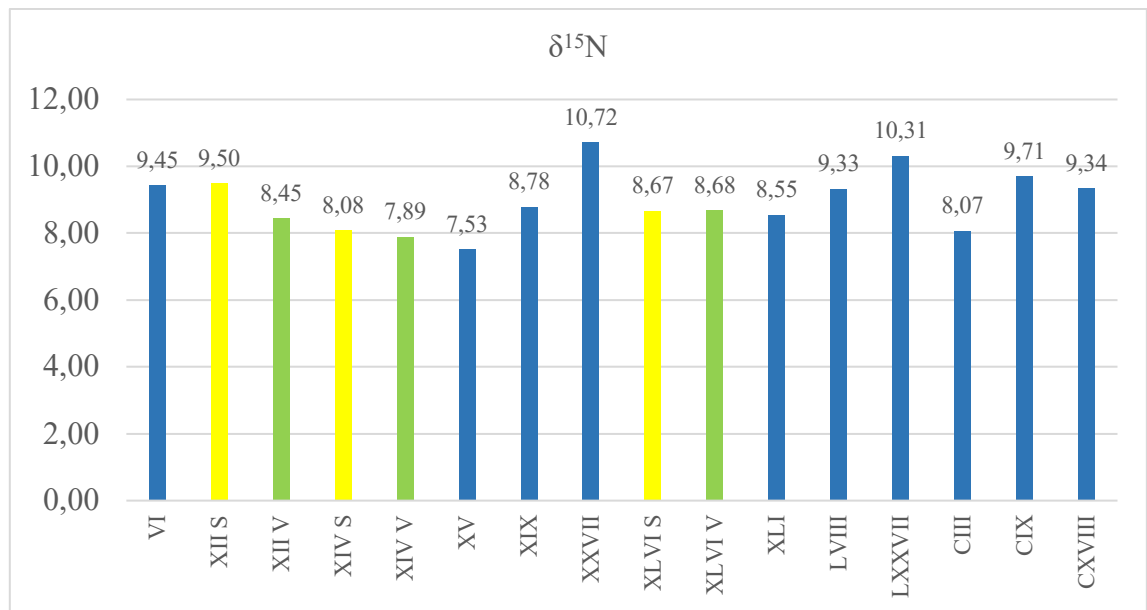
Analüüsitud kõrbekihtide  $\delta^{13}\text{C}$  väärtustest kõige madalam on savinõult XXVII, mille väärtus oli -29,47 ja kõige kõrgem süsiniku väärtus oli potil XLVI mille väärtus oli -25,28. Ülejäänud proovide tulemused jäid nende vahele. Seega oli  $\delta^{13}\text{C}$  väärtuste kõikumine erinevate savinõude piires küllalt väike, kuni 4,2‰. Savinõudelt millel esines kõrbekiht nii sise- kui ka välisküljel (XII, XIV, XLVI) ei erinenud oma süsiniku väärtuse puhul üle 0,5‰.



Joonis 4. Pada maa-aluse kalmistu savinõude kõrbekihtide  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused. Sinine – nõu millelt võeti ühelt ainult siseküljelt proov; kollane – nõu siseküljelt võetud proov; roheline – nõu välisküljelt võetud proov. S – proov siseküljelt, V – proov välisküljelt.

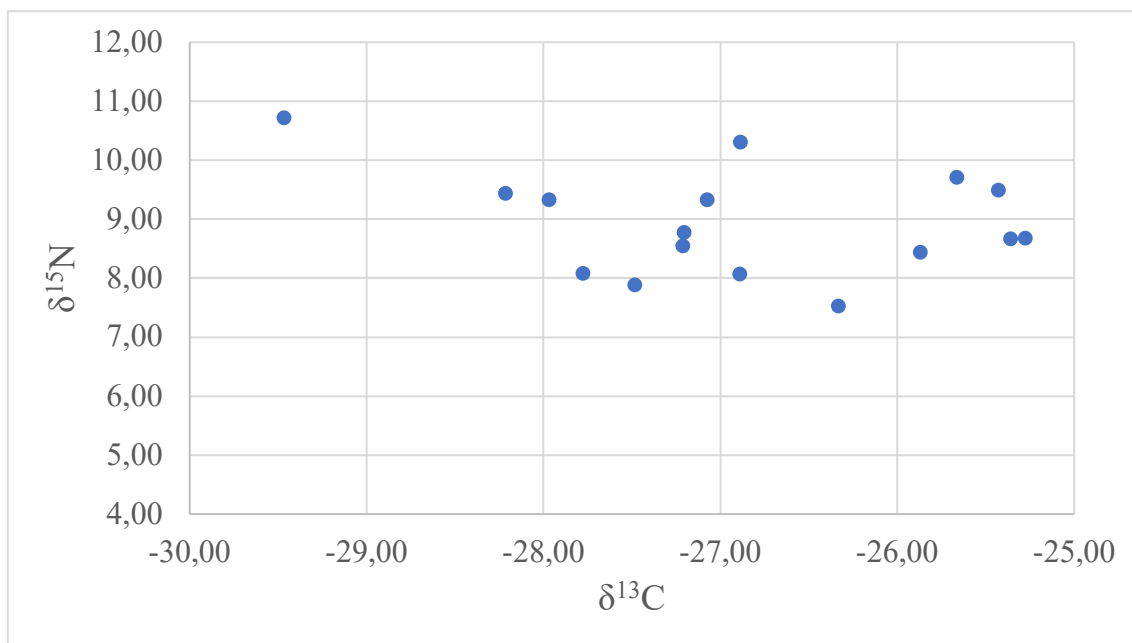
Ka lämmastiku väärtuste vahemik on väike, jäädes 7,5–10,7% vahele, ehk kõikumine on kuni 3,2%. Samadest savinõudest võetud proovid erinevad kahe nõu (XIV, XLVI) puhul väga väiksel määral. Neist esimese puhul on selleks vahemikuks ligikaudu 0,2‰ ning teise puhul vaid 0,01‰. Savinõult XII on nõu siseküljelt võetud proovi

lämmastikuisaldus 0,5‰ suurem, kui välisküljelt võetud proovil, kuid ka see erinevus pole märkimisväärne.



Joonis 5. Pada maa-aluse kalmistu savinõude kõrbekihtide  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused. (sinine – nõu millelt võeti ühelt ainult siseküljelt proov; kollane – nõu siseküljelt võetud proov; roheline – nõu välisküljelt võetud proov)

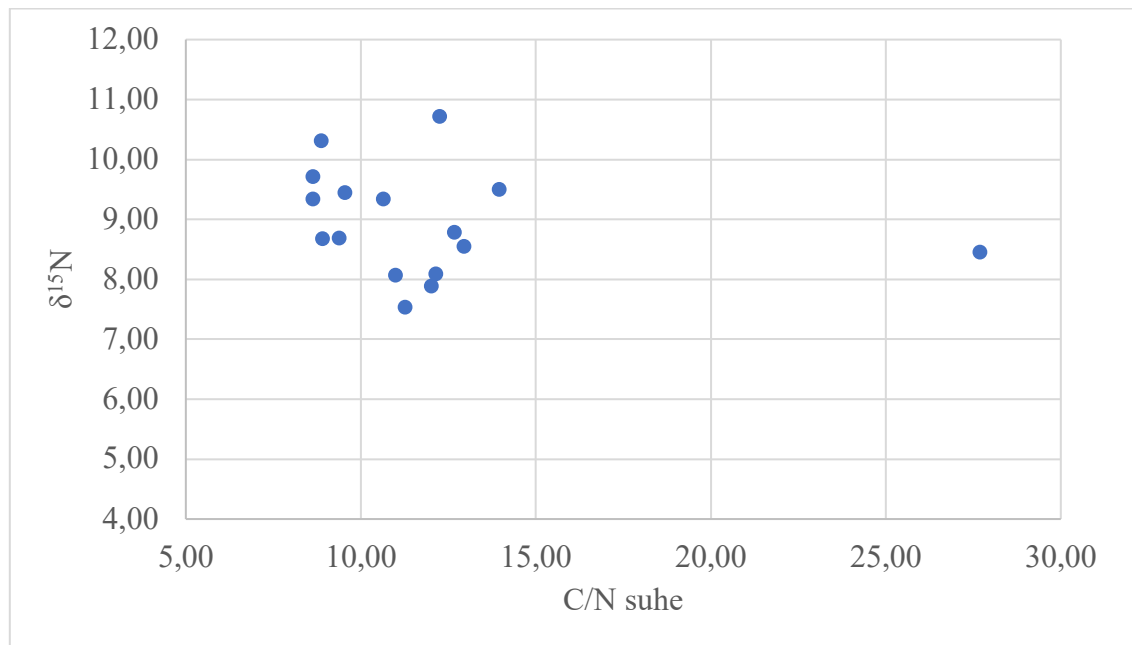
Lämmastiku ja süsiniku väärtuseid koos ühele joonisele pannes (Joonis 6.) joonistub välja erinevate proovide isotoopväärtuste omavaheline seos. Väga selgeid gruppe välja ei joonistu. Küll on aga kaks gruppi: ühel on  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused 8,7–9,7‰ vahemikus ning nende proovide  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused jäävad -25,7–(-25,3)‰ vahele; teise grupi  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused jäävad -27,2–(-26,9)‰ ja  $\delta^{15}\text{N}$  8,1–9,3‰ ulatusse. Ülejäänud proovid on jaotunud veidi laiemalt, kuid teistest on eemal üks proov, mille  $\delta^{15}\text{N}$  on 10,7‰ ja  $\delta^{13}\text{C}$  -29,5‰, kõrgema lämmastiku väärtuse võiks tegemist olla mõne mageveekalaga. Üldiselt on  $\delta^{13}\text{C}$  väärtuste kõikumine suurem ning  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuste erinevused väiksemad (3,2‰). Laiemaid  $\delta^{13}\text{C}$  väärtuseid ja kõrgemaid lämmastiku väärtuseid arvesse võttes, pakuksin, et nende näol on tegemist kas omnivoorse looma või mõnda tüüpi kalaga.



Joonis 6. Pada maa-aluse kalmistu savinõude  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused.

Joonisel 7. on kajastatud tulemuste põhjal välja arvatud C/N suhe ja selle võrdlus  $\delta^{15}\text{N}$  väärtustega. C/N suhte järgi on võimalik eristada, kas kõrbekiht oli rohkem karbohüdraatide või proteiinide rikas. Nagu ülal mainitud: kõrgem C/N suhe näitab, et tegemist oli süsivesikuterikkama ehk ilmselt siis taimse päritoluga saadusega, ja madalam, viitab et see sisaldas rohkem proteiine. Nende tulemuste puhul on teistest selgelt erinev savinõult XII välisküljelt võetud proov, mis erineb teistest oma kõrge C/N suhte puhul milleks on 27,7. Samalt nõult võetud sisekülje kõrbekihi C/N suhe on ligikaudu 14, mis võib viidata sellele, et samas nõus on valmistatud erineva päritoluga saadusi. Ülejäänud proovide C/N suhe jääb 8,6-14 vahele, mis näitab, et analüüsitud materjal ei olnud taimse päritoluga ja suure tõenäosusega oli tegemist kas maismaapäritoluga looma või vesikeskkonnast pärit kalaga. Proovid, mille tulemustel oli

kõrgem  $\delta^{15}\text{N}$  on ilmselt pärit vesikeskkonnast, arvestades seda, et kalad on proteiinirikkad ja madalamal paigutuvate tulemuste puhul on ilmselt tegemist maismaaloomadega.



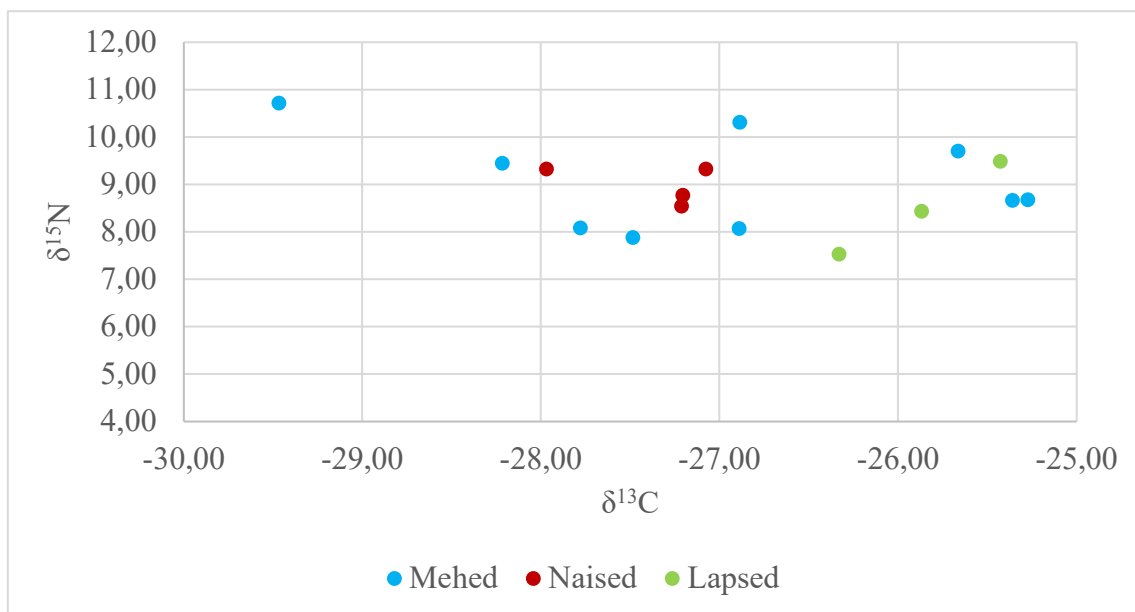
Joonis 7. Pada maa-aluse kalmistu savinõude  $\delta^{15}\text{N}$  ja C/N suhete tulemused.



## 5. Järeldused ja tõlgendus

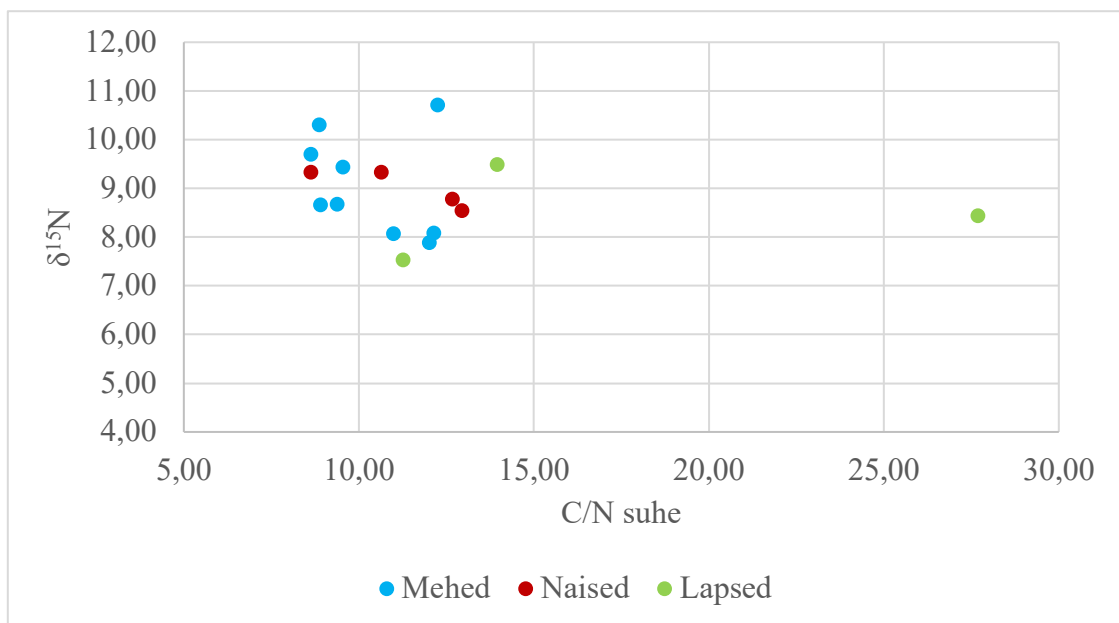
Proovide tulemusi on võimalik kontekstualiseerida ja tõlgendada seoses erinevate aspektidega. Kui tulemused üksteisest eristada vastavalt sellele, kas tegemist oli naise, mehe või lapse hauapanuseks olnud savinõuga (Joonis 8–9), siis annab see visuaalse pildi võimalikust soopõhisest toidu erinevusest. Kõige rohkem on märgata  $\delta^{13}\text{C}$  väärtuste laia varieeruvust meeste matustes olnud savinõudel. Ka meeste matustest pärit savinõude  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused on need, mis on kõige suurema erinevusega (Joonis 8.). Süsiniku väärtused meeste matustes olnud savinõudel varieeruvad -25,3 ja -28,2‰ vahemikus, lämmastiku väärtused 7,9 ja 10,7‰. Naiste haudadest pärit savinõudelt võetud analüüside süsiniku väärtused jäävad kitsamasse -27,1 ja -28‰ vahemikku, mis on väga väike erinevus. Ka lämmastiku sisalduse poolest ei erine naiste haudadest pärit nõudelt võetud tulemused üle 0,8‰. Samuti laste haudadest pärit nõudelt võetud proovide tulemused ei erine üksteisest väga palju. Süsiniku väärtuste erinevus jääb ligikaudu 1‰ juurde ning lämmastiku väärtused erinevad üksteisest maksimaalselt 2‰. See võib viidata, et meestele kaasa pandud nõudes on valmistatud mitmekülgsemat toitu kui näiteks naiste ja laste haudadest pärit savinõudes. See omakorda võib viidata, et naiste ja laste toiduainete valik oli meestega võrreldes mõnevõrra kitsam.

Neid tulemusi arvestades võib pakkuda, et meeste hauapanustena kasutatud nõudes oli kõrgema  $\delta^{15}\text{N}$  väärtusega söök kas magevee- või merekalapõhine. Madalamate  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuste puhul võis tegemist olla aga loomse päritolu saadusega, eriti proovidel millel oli see 8‰ juures. Naiste hauapanustena savinõudelt võetud tulemusi arvesse võttes saab öelda seda, et neis nõudes valmistatud toit oli üsna ühelaadne ja proovide tulemuste põhjal võib arvata, et neis valmistati suure tõenäosusega mingit lihalist kraami. Laste haudadest pärit nõude proovide  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused on naiste omadega sarnased, kuid  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused olid kõrgemad. Selle põhjal võiks arvata, et neis nõudes oli valmistatud kas teistsuguse toitumisega maismaaloomade liha või madala troofilise tasemega merelise päritoluga toitu.



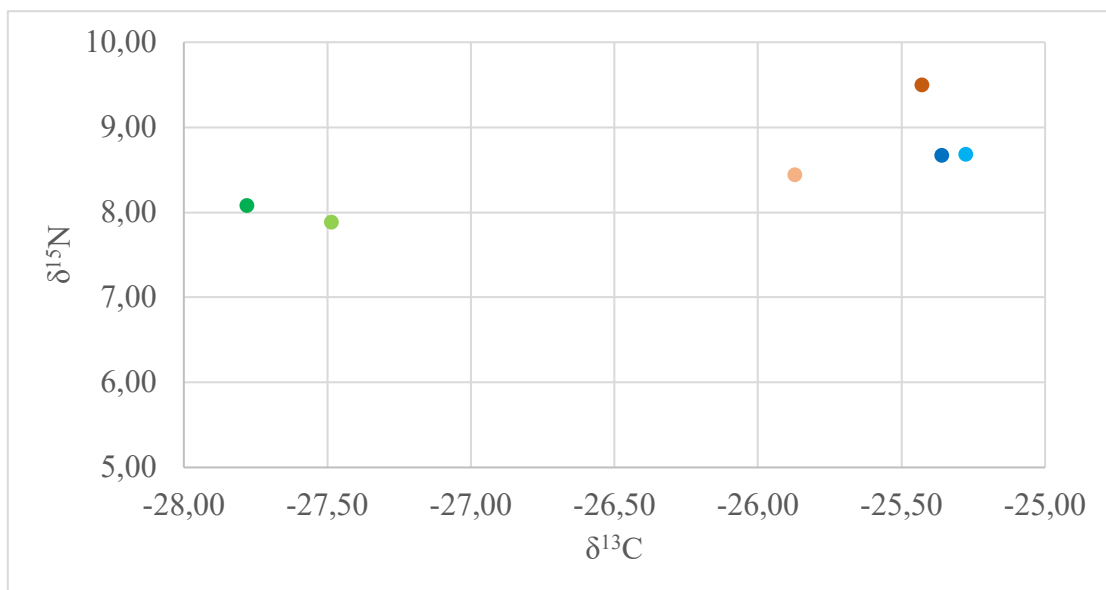
Joonis 8. Pada maa-aluse kalmistu savinõude  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused soo järgi märgistatud.

Joonisel 9. on C/N suhe välja toodud soo järgi erinevate värvidega. Meeste haudadest pärit nõude C/N suhe jääb 8,6 ja 12,2 vahemiku, naiste haudadest jääb selle vahemikuks 8,6 ja 12,9. Laste haudadest pärit nõudest esineb potilt XII võetud proov teistest märgataval. Sellest nõu välisküljelt võetud proovi väärtuseks on 27,7, kui teistel laste nõudest võetud proovidel on selleks 11,3 ja 14. C/N suhtarvu vaadates koos lämmastiku väärtusega võib öelda, et naiste matustest pärit nõudest on tegemist mingi loomse päritolu toiduga. Meeste matustest pärit tulemuste puhul joonistuvad välja erinevad grupid, mis viitavad sellele, et neis valmistatu oli loomse päritoluga ja merelise- ning mageveelise kalaga. Laste puhul võib oletada, et nende matustest pärit nõudes on valmistatud liha või kala. Ühe savinõu sees oli koos pinnasega jäänud kalaluud. Tegemist oli potiga XV, mis oli asetatud lapse hauda. Selle proovi  $\delta^{15}\text{N}$  väärtus oli 7,5‰,  $\delta^{13}\text{C}$  väärtus -26,3‰ ja C/N osakaal 11,3. Oma  $\delta^{15}\text{N}$  poolest on antud proov kõige väiksema väärtusega. Selle järgi võib arvata, et tegemist võis mõne toiduahelas madalal kohal paigutuva kalaga. Samas ei saa välistada, et kõrbekiht on tekkinud näiteks varasemast kasutusest ja on loomse päritoluga, kuid kalaluud on lisandunud nõusse hiljem näiteks matuserituaali käigus ja neid kõrbekiht otseselt ka ei kajasta.

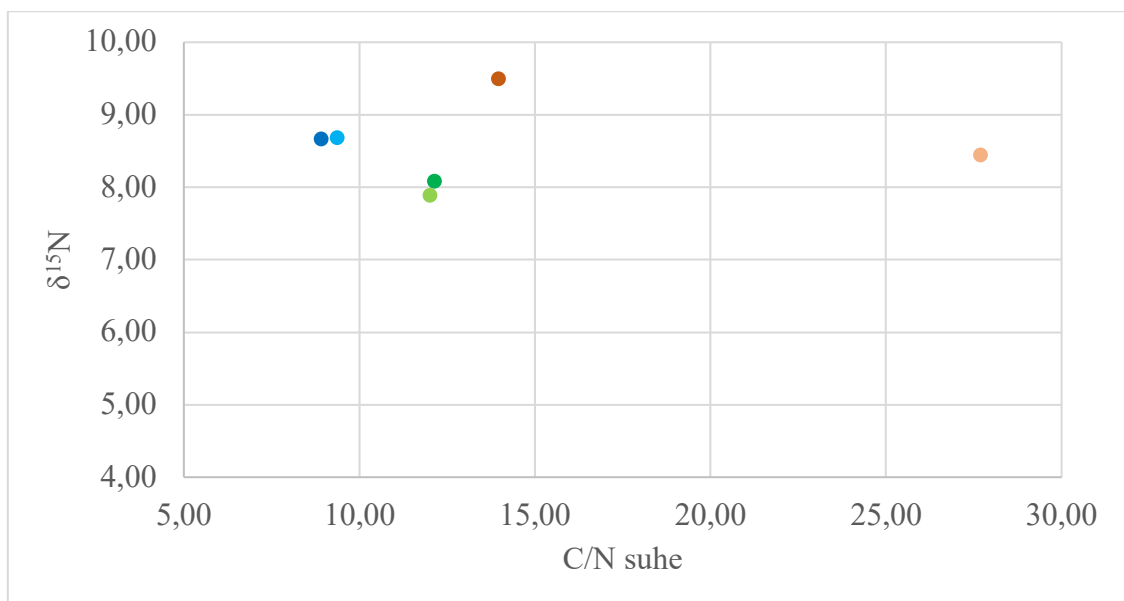


Joonis 9. Pada maa-aluse kalmistu savinõude  $\delta^{15}\text{N}$  ja C/N suhete tulemused soo järgi märgistatud.

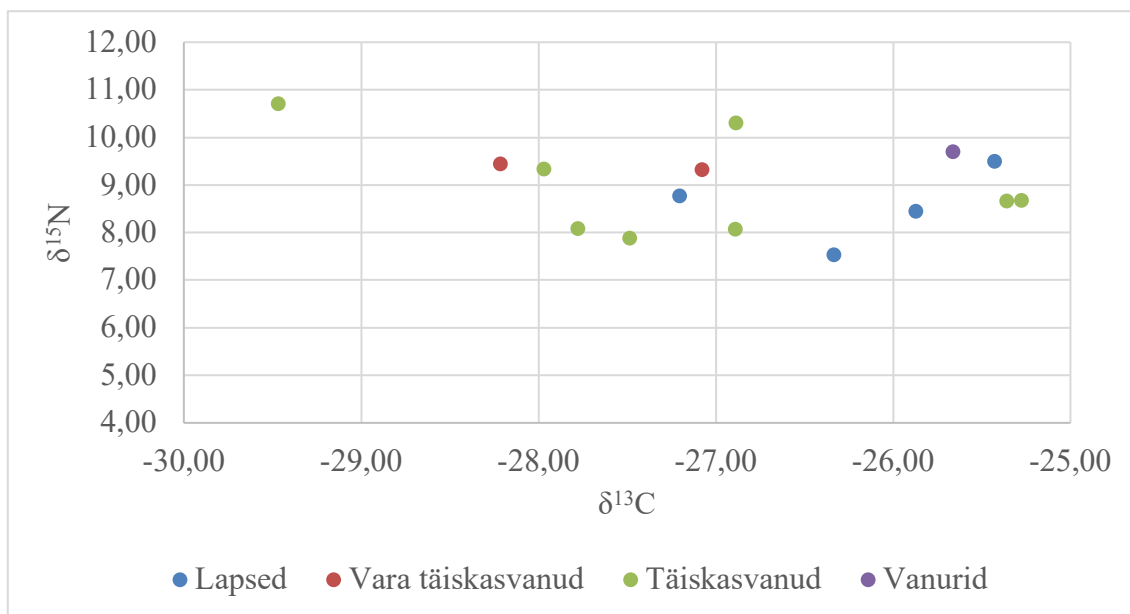
Kui vaadelda nende nõude tulemusi (Joonis 10–11), millelt oli võimalik kõrbekihti analüüsida nii nõu sise- kui ka välisküljelt, siis ühe nõu puhul (XII) jääb silma, et sise- ja välisküljelt võetud kõrbekihtide analüüs on erinev ja ilmselt pärinevad need proovid kahest erinevast toiduvalmistamiskorrast. Teise kahe proovi analüüsi tulemused toetavad seda, et nii sise- kui ka välisküljelt võetud kõrbekiht on sama päritoluga. Savinõu XII analüüside tulemused viitasid sellele, et potil esinevad kõrbekihid erinevad üksteisest.  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused kahe kõrbekihi vahel on umbes 0,5‰ ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused ligikaudu 1‰, kuid kahe proovi C/N suhe erineb suuremal määral. Ühel proovil ehk siseküljelt võetud proovil on see 11,3 ja teisel ehk välisküljelt võetud proovil 27,7. Kõrgema C/N suhte järgi võib oletada, et välisküljelt võetud proov sisaldab taimse päritoluga (süivesikute rikast) ressursi ja antud proovi kõrgem lämmastiku sisaldus võib viidata sellele, et taime näiteks väetati mingil viisil.



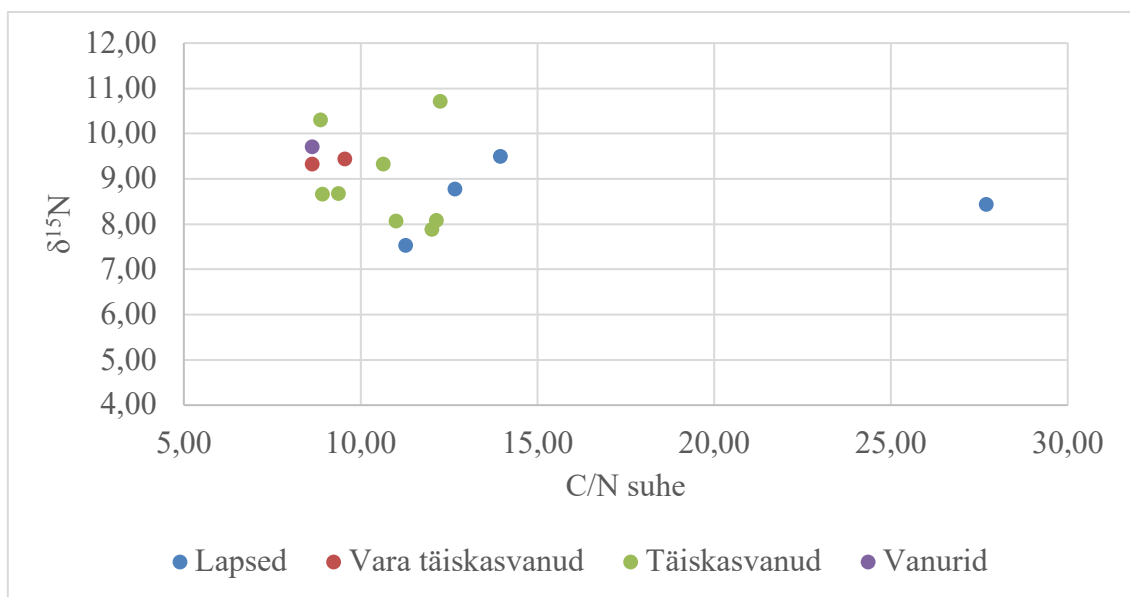
Joonis 10. Kolmelt savinõult sise-ja välisküljelt võetud  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused (roheline – XIV; sinine – XLVI; oranž – XII; tume värv siseküljelt; hele värv välisküljelt).



Joonis 11. Kolmelt savinõult sise-ja välisküljelt võetud  $\delta^{15}\text{N}$  ja C/N suhte tulemused (roheline – XIV; sinine – XLVI; oranž – XII; tume värv siseküljelt; hele värv välisküljelt).



Joonis 12. Pada maa-aluse kalmistu  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused vanuse põhjal eristatult.



Joonis 13. Pada maa-aluse kalmistu  $\delta^{15}\text{N}$  ja C/N suhte tulemused vanuse põhjal.

Joonistel 12. ja 13. on proovide tulemused jagatud nelja erinevasse vanusegruppi. Grupeeringud tein vanuse põhjal järgnevalt: lapsed – kuni 18 aastat, varatäiskasvanud – 18 kuni 25, täiskasvanud – 30 kuni 35, vanurid – 35 kuni 40 aastat. Nende järgi joonistuvad välja ka vanusest sõltuvad grupid. Kõige suurem  $\delta^{13}\text{C}$  vahemik on täiskasvanute matustest pärit nõudel jäädes -29,5– (-25,3)‰ vahemikku. C/N suhtarvu

vaadates jäävad täiskasvanute tulemused 8,9 ja 12,2 vahele. Laste matustest pärit proovide süsiniku väärtus on suurem olles -27,2– (-24,4)‰ vahemikku ja neist matustest pärit C/N väärtused jäävad 11,3-14 vahele, välja arvatud ühe erisusega, mille puhul on tegemist nõu XII välisküljelt võetud proovi tulemusega. Varatäiskasvanute nõudelt võetud proovide tulemustel on tulemused päris sarnased, nende  $\delta^{15}\text{N}$  erinevad üksteisest umbes 0,1‰ ja C/N väärtused on neil 8,6 ja 9,5 ning  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused on 1,1‰ vahemikus. Selle järgi on võimalik arvata et mõlemas nõus oli valmistatud üpriski sarnane roog. Üldiselt ei joonistu vanusegruppide järgi selget jaotumist. Erandiks on varatäiskasvanud, kelle tulemused asuvad lähestikku.

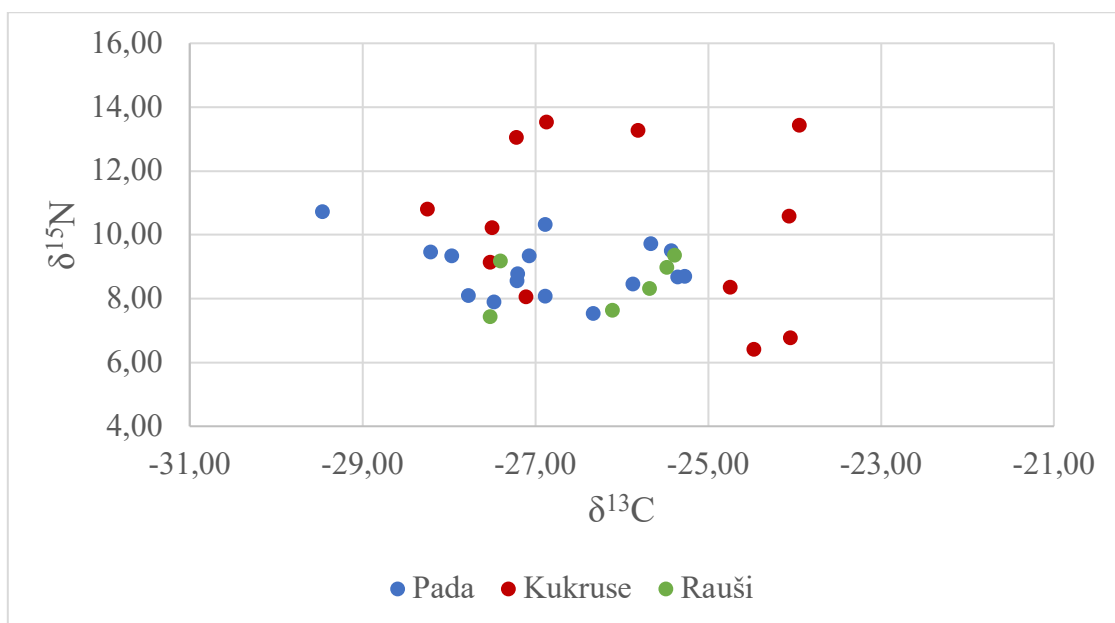
### **5.1.Pada kalmistu tulemuste võrdlus teiste samaaegsete muististe materjaliga**

Pada maa-aluse kalmistuga samast ajaperioodist pärit on ka Kukurse kalmistu Ida-Viru maakonnast ja Rauši asula ning kalmistu Lätist Daugava jões asuval Dole saarelt. Nendest kahest muistisest pärit savinõudelt on ka võetud kõrbekihi analüüse ning neid EA-IRMS meetodi abil analüüsitud. Analüüside tulemused on välja toodud Lisa tabelis 3. Nii Kukurse kui ka Rauši tulemuste kohta on ilmunud neid kajastav artikkel (Oras *et al.* 2018; Gunnarssone *et al.* 2020).

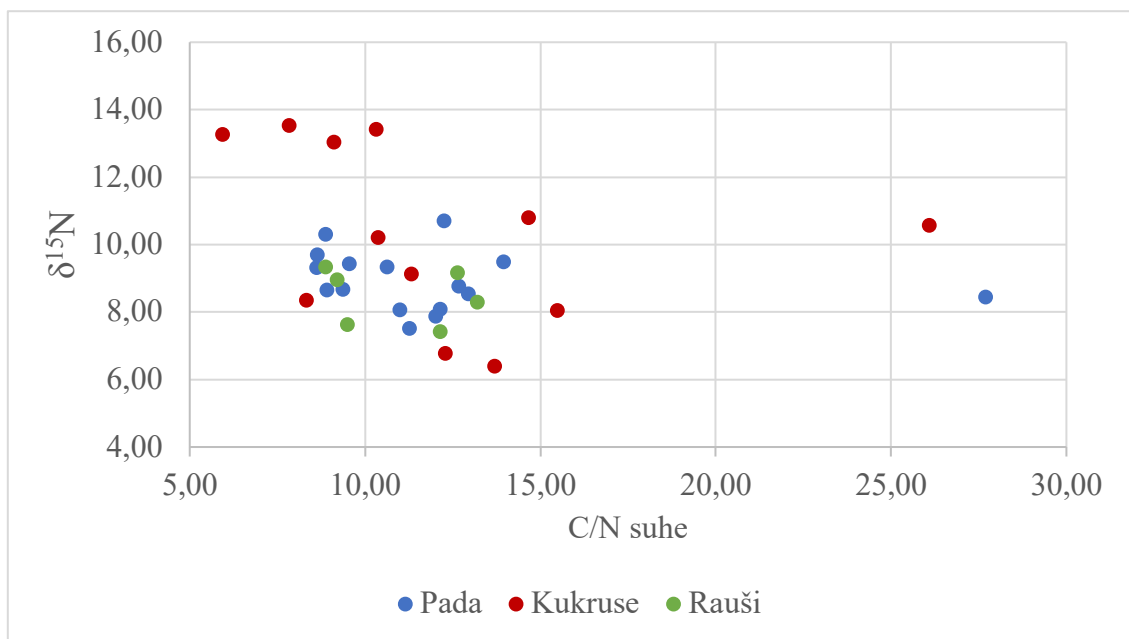
Kui vaadata joonist 14., kus on toodud välja  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuseid siis joonistub välja see, et Pada ja Rauši nõudelt võetud proovide tulemused jäävad samasse vahemiku. Neist erineb veidi Kukurse, mille osadel proovidel on  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused kõrgemad, ning teisel osal Kukurse proovidel on veidike kõrgem  $\delta^{13}\text{C}$  väärtus. Kukurse puhul näitab kõrgem  $\delta^{15}\text{N}$  ja samade proovide kõrgem  $\delta^{13}\text{C}$  väärtus, seda et nõudes on valmistatud ilmselt merekala (võimalik, et ka mereimetajaid), kuid muidu on seal tarbitud ka loomset toitu. Rauši proovide  $\delta^{15}\text{N}$  ja  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused näitavad, et sarnaselt Padaga on seal tarbitud nii loomset toitu kui ka kala.

Joonisel 15., on välja toodud proovide  $\delta^{15}\text{N}$  väärtus ja C/N suhe ja ilmneb üks eristuv grupp. Teistest oma kõrge C/N suhte poolest erinevad üks Kukurse ja üks Pada kalmistult pärit proov, mis võiksid viidata taimsele päritolule. Suure C/N suhtega Kukurse proovil

on küll kõrgem lämmastiku sisaldus, kuid see võib viidata sellele, et tegemist oli väetatud taimedest saadud toiduainega. Teised proovide C/N suhted jäävad peamiselt vahemikku 7,5–15. Neid ja teisi nende proovide väärtusi arvesse võttes võib oletada, et neis on valmistatud kas vesikeskkonnast pärit toitu (kõrgemate  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuste puhul) või maismaapäritoluga looma. Neist erinevad veidike neli Kukruse proovi, mille lämmastiku sisaldus on kõrgem ja C/N suhe jääb 5 ja 10 vahemiku. Nende proovide tulemuste põhjal võib arvata, et antud nõudes on valmistatud kõrgema troofilise tasemega vesikeskkonna toidust (kala või veeimetajaid).



Joonis 14. Pada maa-aluse kalmistu, Kukruse kalmistu ja Rauši asula ning kalmistu savinõude  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused.

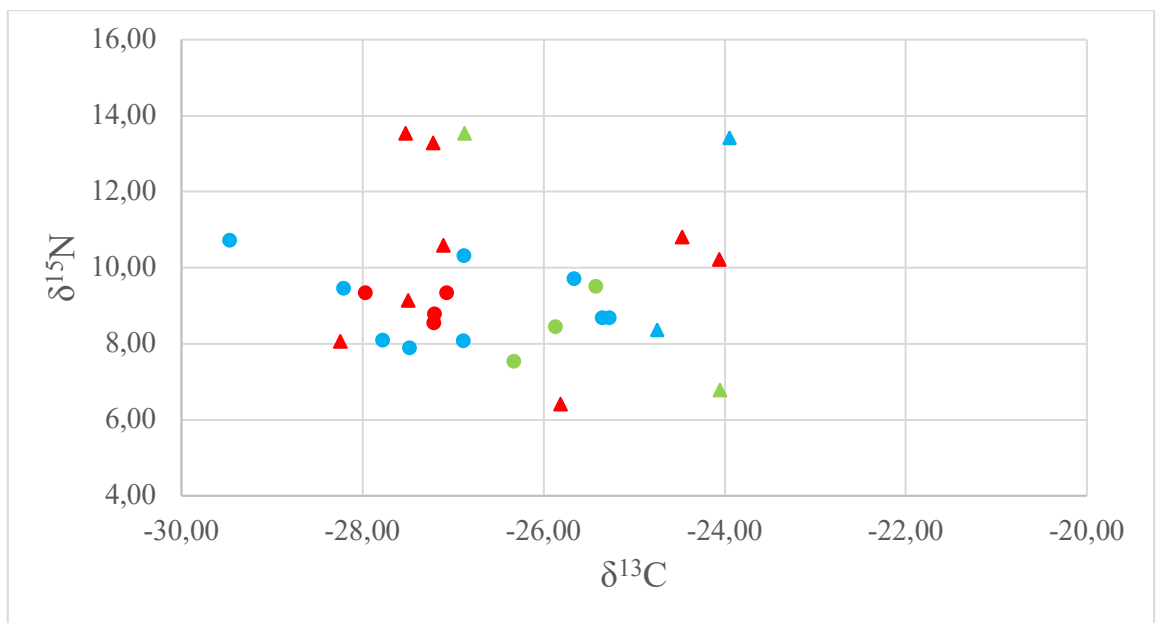


Joonis 15. Pada maa-aluse kalmistu, Kukruse kalmistu ja Rauši asula ning kalmistu savinõude  $\delta^{15}\text{N}$  ja C/N suhete tulemused.

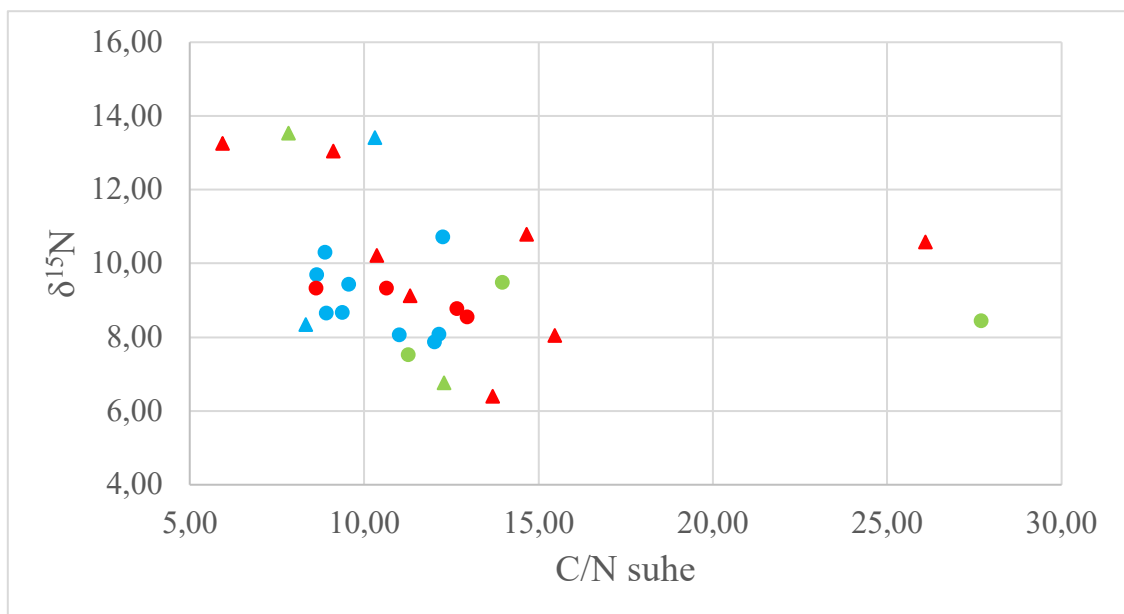
Joonistel 16. ja 17. on välja toodud Pada ja Kukruse kalmistutelt võetud analüüside tulemused eristades neid soo järgi. Neid vaadates joonistuvad ka kahe kalmistu peale kindlamad mustrid.  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused varieeruvad kõige laiemas ulatuses meeste puhul jäädes ligikaudu -29,5 ja -24‰ vahemikku. Kõige väiksem erinevus on  $\delta^{13}\text{C}$  väärtuste puhul laste matustest pärit nõudelt võetud proovides, jäädes -26,5 ja -24‰ vahemikku. Naiste matustest pärit nõudelt võetud proovidel on süsiniku väärtuse puhul tekkinud üks põhigrupp -28–(-27)‰ vahemikku, nendest erines kolm proovi oma suurema süsiniku sisaldusega. Oma  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuste puhul jäävad meeste matustest pärit proovide tulemused 8–11‰ vahele, neist erines üks oma  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuse poolest, milleks oli 13,5‰. Naiste ja laste matustest võetud proovide  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused 6–11‰ vahemikku, kuid kolm Kukruse kalmistult võetud proovi erinevad natukene jäädes 13,5‰ juurde. Vaadates C/N suhtarvu siis kõige väiksemasse vahemikku jäävad meeste matustest võetud proovid. Naiste matustest võetud proovid jäävad peamiselt 8,6–15,5 vahemikku, mõne erisusega. Laste matustest võetud proovid jäid 11,3–14 vahemikku, millest erines üks Kukruse proov oma madala C/N suhtarvuga ja üks Pada proov oma kõrgema suhtarvuga. Kui vaadata erinevate tähistega paiknemist joonistel täpsemalt, joonistuvad mõlemal kalmistul välja oma mustrid. Laste näitajaid vaadates on näha seda, et Padas on laste tulemused üpriski



samas kohas, kuid Kukrusel on kahe laste matusest pärit proovide kõik väärtused seinast seinast. Meeste tulemusi vaadates on varieeruvad need palju ning on üle joonise laiali. Pada kalmistu kohta on meeste kohta rohkem proove, kui Kukruse materjali kohta, mida on kaks. Pada materjali kohaselt on meeste toidulaud rikkalikum, tulemuste põhjal võib välja tuua nii mere- ja mageveekala ning liha. Kukruse meeste puhul võis siis nõudes valmisatud olla liha ja merekala. Naiste tulemusi vaadates on kahe kalmistu peale suured erinevused. Kui Pada kalmistu naiste proovide tulemused olid ühtelaadi, siis Kukruse naiste puhul on tulemused väga palju varieeruvad. Kui Pada kalmistu potid on pärit pigem ühevanuste naiste matustest, siis Kukruse kalmistu naised, kelle hauast potte analüüsiti, on erinevates vanustes. Tulemuste järgi vaadates on Kukruse naised söönud nii liha, kala ja ühe proovi tulemused võivad viidata isegi väetatud taimetele. Seega on Kukruse naiste toidulaud rikkalikum, kuid selleks, et seda täpsemalt teada tuleks valimit suurendada.



Joonis 16. Pada ja Kukruse kalmistu  $\delta^{13}\text{C}$  ja  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused soo järgi märgistatud. (sinine – mees; punane – naine; roheline – laps; kolmnurk – Kukruse kalmistu; ring – Pada kalmistu).



Joonis 17. Pada ja Kukruse  $\delta^{15}\text{N}$  ja C/N suhete tulemused soo järgi märgistatud. (sinine – mees; punane – naine; roheline – laps; kolmnurk – Kukruse kalmistu; ring – Pada kalmistu).

Nii Kukruselt kui ka Raušilt pärit keraamikale on tehtud peale EA-IRMS analüüsile ka põhjalikumaid lipiidianalüüse. Kukruse kalmistul teised tehtud analüüsid (Oras *et al.* 2018) toetasid seda, et sealne toit oli valmistatud kas maismaaloomast või veekeskkonnast pärit. Need tulemused näitavad, et antud ühiskonnas olid tähtsal kohal nii kalapüük kui ka loomakasvatus. Nagu Padast pärit savinõu XII, mille sise- ja välisküljel oli erineva päritoluga kõrbekiht, siis esines selline näide ka Kukruse materjalis. Erinevate meetodite abil tuvastati sealt nii vesikeskkonna päritolu, piimasaadus kui ka võimalik vihje taimsele päritolule. Rauši savinõudele tehtud teised analüüsid (Gunnarssone *et al.* 2020) viitavad ka sellele, et savinõudes valmistatu on pärit vesikeskkonnast või on tegemist olnud siis mäletsejate või nende piimasaadustega. Kindlasti aitaks Pada maa-aluse kalmistu tulemustele selgust tuua ka teisi uurimismeetodeid kasutada, mille abil oleks võimalik paremini teada saada, mida antud nõudes valmistada võidi.

Üks oluline temaatika saadud kõrbekihianalüüsides tõlgendamisel on erinevate taimsete saaduste isotoopväärtuste varieeruvus liigiti ning põllumajandusviisiti, nt väetamise küsimus. Iru linnamäelt pärit söestunud kaun- ja teraviljadele on teinud isotoopanalüüse

Sandra Sammler, kes käsitles seda oma bakalaureusetöös (2020). Teradele tehtud analüüsid näitasid, kuidas erinevatel teradel nii süsiniku kui ka lämmastiku väärtused erinevad. Peamiselt on C3 taimede  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused  $-25,2$ – $(-22,5)\text{‰}$  vahemikus. Erinevate terade puhul võib aga saada väga erinevaid  $\delta^{15}\text{N}$  väärtuseid. Need võivad jääda sinna vahemikku, mida peetakse taimedele omaseks ( $1$ – $3\text{‰}$ ), kuid võivad olla ka kõrgemad nagu näiteks ühe nisu proovi tulemuseks oli  $7,1\text{‰}$  ja ühe odra oma  $6,6\text{‰}$ . Viimaste puhul võib oletada, et neid teravilju on väetatud, mis tõstab nende  $\delta^{15}\text{N}$  väärtust. Samas võivad need  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused hakata osaliselt kattuma loomsete (eriti herbivoorsete) loomade lihasaadustega, muutes loomade ja taimede eristamise keerukaks. Taimede analüüside tulemustes tuli ilmsiks ka see, et erinevate taimede (teravili ja kaunviljad) C/N suhe oli väga erinev. Näiteks hernestel oli selleks ligikaudu  $15$ , kuid näiteks nisul oli see  $32,7$  ja  $46,9$ . Herneste madal C/N suhe on ka kindlasti tingitud sellest, et selle proteiinisaldus on suurem kui nisul. Väiksemad C/N suhted panevad mõtlema sellele, kas selle järgi on taimse päritoluga ressursi kõrbekihis nii lihtne eristada. Selge on see, et kui suhte väärtus on suurem kui  $30$ , siis tegemist on taimse päritoluga, kuid kui osade terade C/N suhe jääb  $9$ – $20$  vahemiku siis võib mõnel potil oleva samasuguse väärtusega olev taimne kõrbekiht saada teistsuguse tõlgenduse. Lisaks tule arvestada, et toitu tehti ka ilmselt loomade ja taimede segust, ning see võib omakorda mõjutada (segada) isotoopväärtusi ja C/N suhtarvu. Kaunviljade puhul tuleb arvesse võtta seda, et need sisaldavad rohkem proteiini, mis viib C/N suhtarvu madalamaks, samas on ka nende  $\delta^{15}\text{N}$  väärtus on hästi madal jäädes  $1$ – $3\text{‰}$  juurde. Nii võiks kaunviljad olla hästi eristuvad. Seepärast ei ole madalama C/N väärtusega taimi, ja eriti väetatud ehk kõrgema  $\delta^{15}\text{N}$  väärtusega taimi, ning loomseid saadusi lihtne eristada. Sellepärast tuleks antud analüüse ka mingil muul viisil üle kontrollida, mis aitaks paremini välja selgitada seda, mis päritolu tegelikult on. Igal juhul saab aga väita, et kui  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused jäävad väga madalaks, siis annab see võimaluse kindlaks teha, et tegemist on taimse päritoluga.

## Kokkuvõtte

Käesolevas töös uurisin Pada maa-aluselt kalmistult pärit savinõudel esinevat kõrbekihti EA-IRMS meetodi abil, et teada saada, mis päritoluga toitu nendes savinõudes valmistati. Töös analüüsisin 13 Pada kalmistu savinõult võetud 16 kõrbekihi analüüsi. Tulemuste põhjal joonistusid ka välja peamised toiduained ja mõned sotsiaalse taustaga toitumismustreid. Töö käigus tuli välja, et savinõudel esineva kõrbekihi kohta on EA-IRMS meetodi abil võimalik küll eristada suuremaid toiduklasse, kuid üleminekuvalad erinevate klasside vahel on probleemsed. Siiski annavad tehtud analüüsid piisavalt hea esmase ülevaate savinõudes olnud toidu kohta. Selleks, et teha paremaid järeldusi on kindlasti vaja suuremat valimit ning kombineeritud biomolekulaar (ennekõike lipiidi) analüüsi.

Pada maa-aluse kalmistu savinõude kõrbekihtidele tehtud EA-IRMS meetodi abil analüüside tulemuste põhjal on võimalik öelda, et nõude kõrbekiht on pärit nii maismaaloomadest (omni- ja herbivoorid) kui ka vesikeskkonnast. Ühe proovi C/N suhte põhjal saab ka öelda, et see võis olla taimse päritoluga. Antud taimse päritoluga toit, suure tõenäosusega mingi puder, oli valmistatud C3 taimest (ilmselt teraviljast). Proovide tulemuste põhjal saab kindlasti öelda seda, et nendes kõrbekihtides ei esinenud C4 taimi (nt hirssi).

Vaadeldes meeste, naiste ja laste matustest pärit savinõude kõrbekihtidele tehtud analüüside tulemusi, siis joonistusid nende põhjal välja kindlad mustrid. Nende põhjal on võimalik öelda, et meeste toidulaud võis kõige rohkem varieeruda. See võis sisaldada nii mere- kui ka mageveekala ja erinevat liha. Naiste proovide tulemuste põhjal tuli välja see, et nendes nõudes esinenud kõrbekoht oli ühetaoline ning proovide väärtuste puhul võib öelda, et nende sööginõudes oli valmistatud mingit sorti looma liha. Kuna  $\delta^{15}\text{N}$  väärtused jäävad 7,5–10,7‰ vahemikku, mis näitab kõrgemat troofilist taset, siis selle põhjal saab öelda tegemist on pigem sea, kui mõne mäletsejalisega, kuid seda ei saa täpsemate analüüsides täielikult kinnitada. Laste matustest pärit proovide tulemuste järgi võib arvata seda, et neis nõudes valmistatu oli kõrgema troofilise taseme põhjal pigem siga, kuid tegemist võis olla ka madala troofilise tasemega kalaga.

Vanuse järgi joonistusid ka tulemuste põhjal välja omad mustrid. Kõige rohkem varieerusid täiskasvanute matustest pärit nõudel esinenud kõrbekiht. See kajastas mere- ja mageveekala ning loomse päritolu liha esinemist kõrbekihis. Laste puhul võib arvata merekala esinemisega ja vara täiskasvanute puhul võib arvata, et sealne kõrbekiht pärineb mageveekalast toidu valmistamisel. Üldiselt ei joonistunud Pada kalmistu analüüsitud materjali põhjal täpsemalt vanuse järgi mingeid mustreid, väljaarvatud varatäiskasvanud, kelle tulemused asetsesid lähestikku.

Kolmelt savinõult sai võtta kõrbekihti nii nõu sise- kui ka välisküljelt. See andis võimaluse teada saada, kas need kaks kõrbekihti pärinevad sama toidu valmistamisel. Kahe nõu puhul tuligi välja see, et mõlemad kõrbekihid on üpris samasuguste väärtustega. Ühe nõu puhul tuli sise- ja välisküljel asuva kõrbekihi erinevad tulemused välja. Antud nõu väliskihil asuva kõrbekihi C/N suhtarv oli kõrge, mis viitab sellele, et antud kõrbekiht on taimse päritoluga. Sama nõu siseküljelt võetud tulemus viitab sellele, et seal valmistatu oli merepäritolu kala.

Koos Pada maa-aluse kalmistu tulemustega võrdlesin ka Kukruse kalmistult ja Rauši asulast ja kalmistult võetud kõrbekihtidele tehtud analüüse. Selle käigus tuli välja, et kolmelt muistiselt pärit tulemused on suuremal hulgal samasugused. Teistest eraldusid mõned Kukruse nõudelt võetud proovid, oma kõrgema lämmastiku ja madalama süsiniku väärtuste põhjal, mis viitavad sellele, et seal on tarvitatud rohkem merekala või koguni mereimetajaid. Võrdlesin ka olemasoleva materjali põhjal Kukruse ja Pada kalmistu meeste, naiste ja laste matustest pärit proovide tulemusi. Kuigi Kukruse kalmistul oli teatud erinevusi, siis suurem osa soolisi tulemusi sarnanes Pada kalmistu omadega. Meeste toidulaud sisaldas nii kala kui ka loomset liha. Kukruse kalmistust pärit naiste matuste tulemused olid laiemad kui Pada omad ja selle üheks põhjuseks võib olla ka see, et Kukruse naiste vanused varieerusid rohkem kui Pada omadel.

Kuna antud töö ei käsitlenud Pada maa-aluselt kalmistult 1989. aasta kaevamistelt välja tulnud savinõusid ja kahelt teiselt kaevamisaastalt ainult terviklikke potte, siis tulevikus oleks ka võimalik ka teistele nõudele, kus võib veel kõrbekihti esineda proove teha. See annaks kindlasti käsitletud materjalile mingisugust informatsiooni juurde, et anda paremat ülevaadet kalmistu materjali kohta. Kindlasti oleks võimalik teha savinõudele,

millest proov võeti, ka teisi analüüse, mis annaksid nende kohta rohkem informatsiooni. Peale nõude oleks võimalus ka uurida luude kollageeni, mis annaks ka informatsiooni, selle kohta mida antud inimene söönud on.

## Kasutatud materjalid

### Käsikirjad

**Rammo, R. 2005.** Pronksspiraalkaunistused rõivastel Eesti haualeidude põhjal 11.–14./15. sajandil. Peaseminaritöö. Tartu Ülikool.

**Randoja, K. 2012.** Laste võimalikud sotsiaalsed vanusegrupid Kukruse ja Pada hilisrauaaegsete kalmistute näitel. Tartu Ülikool, bakalaureusetöö

**Randoja, K. 2016.** Kukruse 12.–13. sajandi maa-alusele laibakalmistule maetud indiviidide sotsiaalse vanuse etapid. Tartu Ülikool, magistratöö.

**Rootslane, R. 2013.** Kukruse ja Pada maahaudadega laibakalmistute relvadega matuste kontekstuaalne analüüs. Tartu Ülikool, bakalaureusetöö.

**Sammler, S. 2020.** Iru linnamäe kaun- ja teraviljade isotoopanalüüsid. Tartu Ülikool, bakalaureusetöö.

**Schmiedehelm, M. 1928.** Kaevamisaruanne Kivikalmul Viru-Nigula khl. Pada kl. Kalmu tl. maal 16. VI - 21. VI 1928 a. (AI 2655). (Käsikiri TÜ arheoloogia õppetooli raamatukogus).

**Schmiedehelm, M. 1929.** Kaevamisaruanne Kivikalmel Viru-Nigula khl. Pada kl. Kalmu tl. maal. 3-12 VII 1929.a. (1928.a. kaevamiste jätk). (AI 2655). (Käsikiri TÜ arheoloogia õppetooli raamatukogus).

**Tamla, T. 2011a.** Aruanne Pada maa-aluse kalmistu kaevamistest Rakvere rajoonis Viru-Nigula kolhoosis (Viru-Nigula kihelkond, Pada asundus; tänapäeval Viru-Nigula vald, Pada küla) 1987. aastal. (AI 5366). (Käsikiri TÜ arheoloogia õppetooli raamatukogus).

**Tamla, T. 2011b.** Aruanne Pada maa-aluse kalmistu kaevamistest Rakvere rajoonis Viru-Nigula kolhoosis (Viru-Nigula kihelkond, Pada asundus; tänapäeval Viru-Nigula vald, Pada küla) 1988. aastal. (AI 5366). (Käsikiri TÜ arheoloogia õppetooli raamatukogus).

**Tamla, T. 2011c.** Aruanne Pada maa-aluse kalmistu kaevamistest Rakvere rajoonis Viru-Nigula kolhoosis (Viru-Nigula kihelkond, Pada asundus; tänapäeval Viru-Nigula vald, Pada küla) 1989. aastal. (AM 1036). (Käsikiri TÜ arheoloogia õppetooli raamatukogus).

**Tõrv, M. 2016.** Persistent practices. A multi-disciplinary study of hunter-gatherer mortuary remains from c. 6500–2600 cal. BC, Estonia. Tartu Ülikool, doktoritöö.

### **Kirjandus**

**Agurauja-Lätti, Ü., Lõugas, L. 2019.** Stable isotope evidence for medieval diet in urban and rural northern Estonia. – *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol 26. Tallinn University, 1–11. [<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101901>]

**Brown, T. A., Brown, K. 2011.** *Biomolecular Archaeology: an Introduction*. Wiley-Blackwell, Oxford.

**Craig, O. E., Saul, H., Lucquin, A., Nishida, Y., Taché, K., Clarke, L., Thompson, A., Altoft, D. T., Uchiyama, J., Ajimoto, M., Gibbs, K., Isaksson, S., Heron, C. P., Jordan, P. 2013.** Earliest evidence for the use of pottery. – *Nature*, 496, 351–354. [<https://doi.org/10.1038/nature12109>]

**Craig, O.E., Forster, M., Andersen, S.H., Koch, E., Crombé, P., Milner, N.J., Stern, B., Bailey, G.N., Heron, C.P. 2007.** Molecular and isotopic demonstration of the processing of aquatic products in northern European prehistoric pottery. – *Archaeometry*, vol 49, 1, 135–152. [[doi:10.1111/j.1475-4754.2007.00292.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2007.00292.x)]

**Craig, O.E., Steele, V.J., Fischer, A., Hartz, S., Andersen, S.H., Donohoe, P., Glykou, A., Saul, H., Jones, D.M., Koch, E., Heron, C.P. 2011.** Ancient lipids reveal continuity in culinary practices across the transition to agriculture in Northern Europe. – *Proceedings of the National Academy of Sciences* Nov 2011, 108 (44), 17910–17915. [DOI: [10.1073/pnas.1107202108](https://doi.org/10.1073/pnas.1107202108)]



**Gunnarssone, A., Oras, E., Talbot, H. M., Ilves K., Legzdina, D. (2020).** Cooking for the living and the dead: Lipid Analyses of Rauši Settlement and Cemetery Pottery from the 11th–13th century. – *Estonian Journal of Archaeology*, vol 24, 1, 45–69 [https://doi.org/10.3176/arch.2020.1.02]

**Hart, J., Lovis, W., Urquhart, G., Reber, E. 2013.** Modeling Freshwater Reservoir Offsets on Radiocarbon-Dated Charred Cooking Residues. – *American Antiquity*, 78(3), 536–552. [doi:10.7183/0002-7316.78.3.536]

**Heapost, L., 2002.** Pada 12.–13. sajandi kalme osteomeetria ja rekonstrueeritud somatomeetria. – *Eesti Antropomeetriaregistri Aastaraamat*, 25–40.

**Heron, C., Craig, O.E. 2015.** Aquatic Resources in Foodcrusts: Identification and Implication. – *Radiocarbon*, vol 57, no. 4., 707–719. [DOI:10.2458/azu\_rc.57.18454]

**Kurisoo, T. 2014.** Pada kalmistu rinnakeed. Ajast ja ruumist. Uurimusi Mare Auna auks. *Muinasaja teadus* 25, Tallinn-Tartu, 79–92.

**Lightfoot, E., Naum, M., Kadakas, V., Russow, E. 2016.** The influence of social status and ethnicity on diet in Mediaeval Tallinn as seen through stable isotope analysis. – *Estonian Journal of Archaeology*, 20 (1), 81–107.

**Limbo, J. 2001.** Odontology of Pada cemetery (12th–13th century). – *Papers on Anthropology*, 128–140.

**Limbo, J. 2004.** Dental pathologies of male and female in the Pada cemetery (12th–13th century). – *Papers on Anthropology*, 134–144.

**Limbo, J. 2006.** Dental enamel hypoplasia in the Pada cemetery (12th–13th cc.) population in North-East Estonia. – *Papers on Anthropology*, 114–123.

**Luik, H., Maldre, L. 2005.** Bone and antler artefacts from the settlement site and cemetery of Pada in North Estonia. From hooves to horns, from mollusc to mammoth: manufacture and use of bone artefacts from prehistoric times to the present. *Muinasaja teadus* 15. Tallinn, 263–276.

**Malve, M., Aguraiuja, Ü. 2014.** Millest Kõnelevad Stabiilsed Isotoobid? Tartu Maarja Kalmistu Varauusaegne Kolmikmatus Uute Analüüsitulemuste Valguses. – Tutulus. 9–12.

**McKinney, C.R., Mccrea, J.M, Epstein, S., Allen, H.A., Urey, H.C. 1950.** Improvements in Mass Spectrometers for the Measurement of Small Differences in Isotope Abundance Ratios. – Review of Scientific Instruments 21 (8), 724–730. [doi: 10.1063/1.1745698]

**Muccio, Z., Jackson, G. P., 2009.** Isotope ratio mass spectrometry. Analyst, 134, 213–222. [DOI: 10.1039/b808232d]

**Oras, E., Tõrv, M., Jonuks, T., Malve, M., Radini, A., Isaksson, S., Gledhill, A., Kekišev, O., Vahur, S., Leito, I. 2018.** Social food here and hereafter: Multiproxy analysis of gender-specific food consumption in conversion period inhumation cemetery at Kukruse, NE-Estonia. – Journal of Archeological Science, vol 97, 90–101. [doi.org/10.1016/j.jas.2018.07.001]

**Oras, O., Lucquin, A., Lõugas, L., Tõrv, M., Kriiska, A., Craig, O.E. 2017.** The adoption of pottery by north-east European hunter-gatherers: Evidence from lipid residue analysis. – Journal of Archaeological Science, vol 78, 112–119. [https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.11.010.]

**Robson, H.K., Skipitytė, R., Piličiauskienė, G., Lucquin, A., Heron, C., Craig, O.E, Piličiauskas, G. 2019.** Diet, cuisine and consumption practices of the first farmers in the southeastern Baltic. – Archaeological and Anthropological Sciences, vol 11, 4011–4024. [https://doi.org/10.1007/s12520-019-00804-9]

**Sharp, Z. D. 2017.** Principles of Stable Isotope Geochemistry. University of New Mexico.

**Taché, K., Craig, O. 2015.** Cooperative harvesting of aquatic resources and the beginning of pottery production in north-eastern North America. – Antiquity, vol 89(343), 177–190. [doi:10.15184/aqy.2014.36]

**Tamla, T. 1985.** Kaks mäge ühes orus. – Horisont, 10, 31.

**Tamla, T. 1990.** Hauarüüstajad muinaskalmel. – Horisont, 7, 34–37.

**Tamla, T. 2008.** Pada I linnamägi. Eesti muinaslinnad. *Muinasaja teadus* 20. Tallinn-Tartu, 226–228.

**Tamla, T. 2008.** Pada II linnamägi. Eesti muinaslinnad. *Muinasaja teadus* 20. Tallinn-Tartu, 228–229.

**Tvauri, A. 2005.** Eesti hilisrauaaja savinõud (11. sajandist 13. sajandi keskpaigani). *Muinasaja teadus* 16, Tallinn.

**Yoshida K, Kunikita D, Miyazaki Y, Nishida Y, Miyao T, Matsuzaki H. 2013.** Dating and stable isotope analysis of charred residues on the Incipient Jomon pottery (Japan). – Radiocarbon, vol 55(2–3), 1322–1333.

## **Summary**

### **Pottery food crust bulk stable isotope analysis from Pada underground cemetery**

This bachelors thesis analyses food crust from Pada underground cemetery using bulk stable isotope analysis. Food crust samples were taken from 13 different pots. Three pots had food crust on both the interior and exterior surface, other 10 pots had food crust only on the interior surface.

The main aim of this research was to understand what EA-IRMS analysis tells us about the past diet. Secondly, to find out what resources were used to cook in those vessels. The third purpose was to find out the differences in food crusts between men, women and children and between different age groups as well. And finally, to analyse Pada underground cemetery material with two different archaeological sites. First of those two Kukruse underground cemetery from Estonia and Rauši settlement and cemetery from Latvia.

In the first chapter I give an overview of Pada underground cemetery and archaeological complex. Also, an overview of different researches about past diet in Estonia and overall overview of research about food crust. The second chapter deals with different types of pottery found in Pada underground cemetery. The third chapter gives an overview about the EA-IRMS method, what isotopes tell us and describes the process of taking the analyses. Fourth chapter gives a brief overview about the results and in the fifth chapter the results are discussed.

The result from the bulk stable isotope analysis showed that the food crust from Pada contains either terrestrial, aquatic or plant-based resources. One vessels analysis showed that the vessel had potential plant-based food cooked in it, that was made from C3 plant. The analyses showed that pots from Pada did not have C4 plants used in them.

Comparing the results between men, women and children we can see some patterns. Men had the biggest differences in different values and looking at those results it can be said

that men had the most variable diet. The food crust from those vessels may contain aquatic resources and terrestrial animals. Pottery from women's graves showed that the difference between results were minimal and their diet probably consisted of same resources. The higher  $\delta^{15}\text{N}$  values 7,5–10,7‰ show higher trophic level and according to that it is more probable that the meat used was from omnivorous animal like pork rather than herbivorous animals like ruminants, but this cannot be fully confirmed without further analyses. The results from pots from children's graves shows higher trophic level that indicates it may have been either pork or a fish with lower trophic level. The different age groups did not have specific patterns except for young adults that had similar results. Three vessels had food crust on both the interior and exterior surfaces. Results from two of these vessels showed that the food crust on the interior and exterior surface did not differ, but the results showed that one pot (XII) interior and exterior food crust were of different origin. The C/N ratio of the exterior food crust of that pot was high, referring to a higher carbohydrate content that indicates it being a plant-based substance.

Pada cemetery results were compared with the results from Kukruse cemetery and Rauši settlement and cemetery. Comparing those results from those three archaeological sites showed that the results were mainly the same. Some results from Kukruse differed from the others with their higher  $\delta^{15}\text{N}$  values and lower  $\delta^{13}\text{C}$  values what may indicate that in Kukruse there were consumed more marine fish or even marine mammals. Also, the results between the men, women and children from Kukruse and Pada cemetery were compared. The results were mainly same but one biggest difference was the results of Kukruse women. Those results indicated food from different resources, but that may be because the women buried in Kukruse whose burial pottery was analysed were from different age groups, when the women buried in Pada cemetery were mainly the same age.

Because this thesis did not include the pots from the year 1989 excavations and only used the complete pots from the first two years of excavations, there is still pots and potsherds that may have food crusts to analyse. It is also a possibility to analyse the same pots with different methods to get more information about them. One more possibility would be to analyse human bone collagen to find out information about what that person ate during their life.

## Lisad

Tabel 1. Pada maa-aluse kalmistu savinõud, maetute sugu ning vanus ja hauapanused.

Matuse nr	Proov kogutud	Keraamika tüüp	Sugu	Vanus	Panused
VI	Seest	Loodevenepärane lihtkedrakeraamiline pott käsitsi linttehnika jälgendus	M	18-20 a	odaots, 2 käevõru, 3 rõngast, nuga, hoburaudsõlg, tulekivi, käe- või jalavõru, kett, rauajäänused
XII	Seest, väljast	Loodevenepärane lihtkedrakeraamiline pott käsitsi linttehnika jälgendus	L	12a±3 kuud	nuga
XIV	Seest, väljast	Loodevenepärane lihtkedrakeraamiline pott käsitsi linttehnika jälgendus	M	30-35 a	kirves, hoburaudsõlg, ristripats, rõngaga teravik, 2 rõngast, rihmakand, tuleraud ja -kivi, rõngad, münt, nuga ketijäänustega, pronkstraat ja pronkseseme katke, pannal
XV	Seest	käsitsikeraamiline pott	L	3a ± 12 kuud	2 käevõru, käe- või jalavõru, kett ja rinnaleht, nuga
XIX	Seest	käsitsikeraamiline pott	N	Noor	hilisema sissekaevega lõhutud matus
XXVII	Seest	käsitsikeraamiline pott	M	30-35 a	hoburaudsõlg, luisk, sõrmus, nuga, pannal, tuleraud koos -kiviga, spiraalid, käe- või jalavõru, kannus
XLVI	Seest, väljast	käsitsikeraamiline pott	M	30-35 a	odaots, rõngas
XLI	Seest	Loodevenepärane lihtkedrakeraamika alarühm 3:2	N	määramata	käevõrud (10), 2 rinnanõela ja kett, kaelavõru, noatupp puidust noaga, spiraalid (3), klaashelmed

LVIII	Seest	(põhi alles)	N	20-25 a	klaashelmed, rinnanõel, käevõru
LXXVIII	Seest	Loodevenepärane lihtkedrakeraamiline pott käsitsi linttehnikas	M	30-35 a	pannal- ja pandlanõel, tuleraud ja -kivi, luisk, nuga, jäänael
CIII	Seest	Loodevenepärane lihtkedrakeraamiline pott käsitsi linttehnikas	M	30-35 a	(aruandes ei ole potti kirjas) tuleraud, nuga, pannal, luisk, rõngas, rõngad, jalavõru, hoburaudsõlg, sõrmus, spiraalid, noateramiku ots
CIX	Seest	Loodevenepärane lihtkedrakeraamiline pott linttehnikas jäljendus	M	35-40 a	odaots, hoburaudsõlg, pannal, tuleraud koos -kividega(3), luisk, rõngas, sõle- või pandlanõel, aukudega luuplaat, käevõru katke
CXVIII	Seest	Loodevenepärane lihtkedrakeraamika alarühm 3:2	N	30-35a	(aruandes ei ole potti kirjas) hoburaudsõlg pannal

Tabel 2. Pada maa-aluse kalmistu EA-IRMS analüüside tulemused.

ID		$\delta^{15}\text{N}$ (‰ air N <sup>2</sup> )	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ V-PDB)	Atm % N	Atm % C	C/N ratio
AI5366:VI10		9,52	-28,23	5,13	41,61	9,45
		9,38	-28,21	5,06	41,78	9,63
	<b>Average</b>	9,45	-28,22	5,10	41,70	9,54
	<b>STVD</b>	0,10	0,01	0,05	0,13	0,13
AI5366:XII1		9,55	-25,49	3,50	41,72	13,89
		9,46	-25,37	3,57	42,82	14,00
	<b>Average</b>	9,50	-25,43	3,54	42,27	13,95
	<b>STVD</b>	0,06	0,09	0,05	0,78	0,07
AI5366:XII1 V		8,39	-25,85	2,03	47,72	27,38
		8,50	-25,89	1,95	46,67	27,98
	<b>Average</b>	8,45	-25,87	1,99	47,19	27,68
	<b>STVD</b>	0,08	0,03	0,06	0,74	0,43
AI5366:XIV12		7,99	-27,76	4,04	41,87	12,09
		8,17	-27,80	4,11	42,86	12,18
	<b>Average</b>	8,08	-27,78	4,07	42,36	12,13
	<b>STVD</b>	0,13	0,03	0,05	0,70	0,06
AI5366:XIV12 V		7,93	-27,51	3,76	38,57	11,98
		7,85	-27,46	3,92	40,44	12,03
	<b>Average</b>	7,89	-27,49	3,84	39,50	12,00
	<b>STVD</b>	0,06	0,03	0,12	1,32	0,04
AI5366:XV4		7,47	-26,33	2,71	25,95	11,18
		7,60	-26,34	2,89	28,11	11,34
	<b>Average</b>	7,53	-26,33	2,80	27,03	11,26
	<b>STVD</b>	0,09	0,01	0,13	1,52	0,11
AI5366:XIX1		8,66	-27,19	2,09	22,96	12,84
		8,90	-27,23	2,12	22,67	12,47
	<b>Average</b>	8,78	-27,21	2,10	22,82	12,66
	<b>STVD</b>	0,17	0,03	0,03	0,20	0,27
AI5366:XXVII10		10,69	-29,44	3,08	32,42	12,29
		10,75	-29,50	3,15	32,90	12,19
	<b>Average</b>	10,72	-29,47	3,11	32,66	12,24
	<b>STVD</b>	0,04	0,04	0,05	0,34	0,08
AI5366:XLVI1		8,74	-25,27	4,33	32,38	8,73
		8,60	-25,45	4,75	36,94	9,08
	<b>Average</b>	8,67	-25,36	4,54	34,66	8,90
	<b>STVD</b>	0,09	0,13	0,29	3,23	0,25
AI5366:XLVI1 V		8,63	-25,24	5,31	42,67	9,37
		8,74	-25,31	5,33	42,71	9,35
	<b>Average</b>	8,68	-25,28	5,32	42,69	9,36



	<b>STVD</b>	0,08	0,05	0,01	0,03	0,02
AI5366:XLI10		8,63	-27,22	2,86	31,69	12,93
		8,47	-27,21	2,82	31,27	12,95
	<b>Average</b>	8,55	-27,21	2,84	31,48	12,94
	<b>STVD</b>	0,12	0,00	0,03	0,30	0,01
AI5366:LVIII2		9,43	-27,09	2,50	18,24	8,51
		9,23	-27,07	2,39	17,87	8,73
	<b>Average</b>	9,33	-27,08	2,44	18,05	8,62
	<b>STVD</b>	0,14	0,02	0,08	0,26	0,16
AI5366:LXXVIII1		10,32	-26,97	5,21	39,92	8,93
		10,31	-26,80	5,30	39,94	8,79
	<b>Average</b>	10,31	-26,89	5,26	39,93	8,86
	<b>STVD</b>	0,00	0,12	0,06	0,01	0,10
AI5366:CIII9		8,16	-26,88	2,73	25,54	10,93
		7,98	-26,90	2,72	25,79	11,05
	<b>Average</b>	8,07	-26,89	2,72	25,67	10,99
	<b>STVD</b>	0,13	0,02	0,00	0,17	0,08
AI5366:CIX4		9,76	-25,69	4,35	32,03	8,59
		9,66	-25,64	4,20	31,23	8,67
	<b>Average</b>	9,71	-25,67	4,28	31,63	8,63
	<b>STVD</b>	0,07	0,04	0,10	0,56	0,05
AI5366:CXVIII8		9,28	-28,00	4,36	39,12	10,46
		9,39	-27,95	4,45	41,17	10,79
	<b>Average</b>	9,34	-27,97	4,41	40,15	10,62
	<b>STVD</b>	0,08	0,04	0,06	1,45	0,23

Tabel 3. Pada maa-aluse kalmistu, Kukruse maa-aluse kalmistu ja Rauši asulakoha ning kalmistu EA-IRMS proovide tulemused.

Muistis	ID	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ air N <sup>2</sup> )	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ V-PDB)	C/N suhe
Pada kalmistu	AI5366:VI10	9,45	-28,22	9,54
	AI5366:XIV12	8,08	-27,78	12,13
	AI5366:XIV12 V	7,89	-27,49	12,00
	AI5366:XXVII10	10,72	-29,47	12,24
	AI5366:XLVII1	8,67	-25,36	8,90
	AI5366:XLVII1 V	8,68	-25,28	9,36
	AI5366:LXXVII1	10,31	-26,89	8,86
	AI5366:CIII9	8,07	-26,89	10,99
	AI5366:CIX4	9,71	-25,67	8,63
	AI5366:XIX1	8,78	-27,21	12,66
	AI5366:XLI10	8,55	-27,21	12,94
	AI5366:LVIII2	9,33	-27,08	8,62
	AI5366:CXVIII8	9,34	-27,97	10,62
	AI5366:XII1	9,50	-25,43	13,95
	AI5366:XII1 V	8,45	-25,87	27,68
	AI5366:XV4	7,53	-26,33	11,26
Kukruse kalmistu	XXXVI-S-1	6,78	-24,06	12,29
	XL-XLI-S-2	13,53	-26,88	7,82
	I-V-2	9,13	-27,53	11,31
	I-V-4	10,22	-27,50	10,35
	VI-V-1	10,59	-24,06	26,08
	VII-V-1	8,05	-27,11	15,47
	VII-S-1	10,80	-28,25	14,65
	XV-S-2	6,41	-24,47	13,69
	XXII-V-1	13,27	-25,82	5,93
	XXII-S-2	13,05	-27,22	9,11
	V-S-1	13,42	-23,95	10,31
	IX-S-1	8,36	-24,75	8,31
Rauši asula ja kalmistu	Rauši 1B	9,17	-27,41	12,63
	Rauši 6B	7,43	-27,53	12,13
	Rauši 10B	7,63	-26,11	9,48
	Rauši 8	8,31	-25,68	13,19
	Rauši 10	8,97	-25,48	9,20
	Rauši 12	9,35	-25,40	8,87

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Kristi Ilves,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

“Pada maa-aluse kalmistu savinõude kõrbekihtide isotoopanalüüsid”,  
mille juhendaja on Ester Oras.

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi  
DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele  
kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace  
kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile  
viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua  
tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse  
lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi  
ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

*Kristi Ilves*  
**10.05.2020**